

G-163/08

ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROMOTOR: EXCMO. CONCELLO DE LUGO.

PROYECTO: G.A.U. ARQUITECTURA E URBANISMO S.L.P.

ARQUITECTOS: D. ALBERTE GONZÁLEZ.

D. JORGE SALVADOR.

OBRA: EDIFICIO PARA BIBLIOTECA: SÓTANO, PLANTA BAJA, 3 PLANTAS ALTAS Y BAJOCUBIERTA

SITUACIÓN: CALLE MATEMÁTICO VÁZQUEZ QUEIPO, LUGO.



COPIA

Lugo, Noviembre de 2008



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA. ENTORNO GEOLÓGICO

3. SÍSMICIDAD

4. TRABAJOS REALIZADOS

- 4.1. Sondeos geotécnicos
- 4.2. Ensayos de penetración dinámica
- 4.3. Ensayos de laboratorio
- 4.4. Medición del nivel freático

5. RESULTADOS

- 5.1. Estratigrafía del terreno y descripción geotécnica
- 5.2. Características físicas del suelo (agresividad, expansividad y colapso)
- 5.3. Clasificación según Casagrande

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1. Estudio de la cimentación
 - 6.1.1. Tensión Admisible
 - 6.1.2. Asientos
- 6.2. Cimentación recomendada
- 6.3. Módulos de Balasto
- 6.4. Resistencia del terreno frente a acciones horizontales
- 6.5. Grados de Impermeabilidad
- 6.6. Excavabilidad
- 6.7. Taludes y elementos de contención
- 6.8. Otras recomendaciones

7. RESUMEN

8. ANEXOS

- 8.1. Registro de sondeos
- 8.2. Registro de penetraciones dinámicas
- 8.3. Ensayos de laboratorio
- 8.4. Situación de puntos a reconocer y perfiles geotécnicos
- 8.5. Fotografías



1 ANTECEDENTES

A petición de **GAU Arquitectura e Urbanismo S.L.P.** se solicitan los servicios de **INVECO, S.L.** para realizar el estudio geotécnico de la parcela en la que se pretende construir un edificio que albergará una biblioteca en la calle Matemático Vázquez Queipo de Lugo.

Su objeto es determinar las características geológico-geotécnicas del terreno mediante ensayos de campo (sondeos, ensayos de penetración dinámica, medición del nivel freático...) y ensayos de laboratorio (expansividad, agresividad, granulometrías, ensayos de corte directo, roturas a compresión simple en suelos...). Dichos ensayos nos permiten determinar las características geotécnicas de los estratos presentes, medir la profundidad del nivel freático y recomendar un tipo de hormigón relacionándolo con el tipo de exposición al que estará sometido. Por último determinar una tensión admisible y estimar la idoneidad de la cimentación.

La programación de reconocimiento del terreno en el campo se realiza partiendo de información facilitada por la propiedad:

PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA	Sí
SECCIÓN CON Nº PLANTAS Y SÓTANOS	Sí
SUPERFICIES CONSTRUIDAS	Sí
TOPOGRAFÍA CURVADA DE LA PARCELA	No

A partir de los datos facilitados se define:

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	C-2
GRUPO DE TERRENO PREVISIBLE	T-1
DISTANCIAS MÁXIMAS ENTRE PUNTOS DE RECONOCIMIENTO	30 m

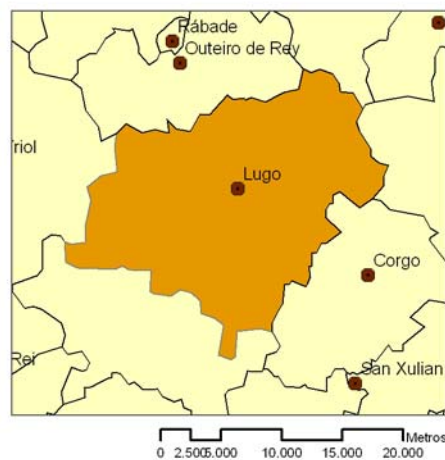
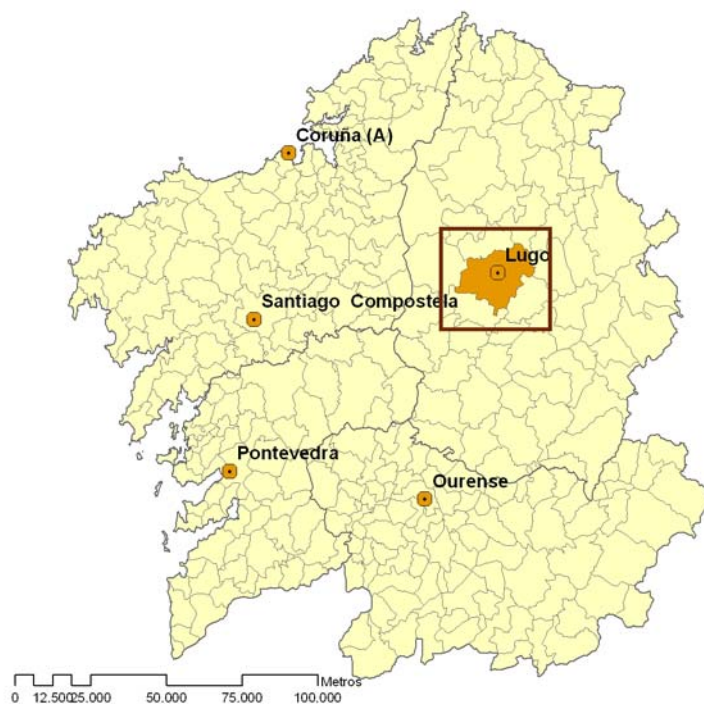
El diseño de la campaña de campo se realiza siguiendo las directrices marcadas por el Documento Básico SE-C. Seguridad Estructural Cimientos (Marzo 2006).



2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA. ENTORNO GEOLÓGICO

Situación Geográfica

LOCALIZACIÓN	Calle Matemático Vázquez Queipo, Lugo.
Nº DE PLANTAS	Sótano, bajo, 3 plantas altas y bajocubierta.
SUPERFICIE	Superficie total del solar $\approx 335 \text{ m}^2$.



Entorno geológico

Nos encontramos dentro del **Dominio del Manto de Mondoñedo** se caracteriza por la presencia de una sucesión estratigráfica en la que esta representado el Paleozoico inferior prácticamente completo reposando discordantemente sobre materiales precámbricos. Dentro de este dominio y en el área comprendida dentro de la presente hoja, puede distinguirse de muro a techo la siguiente sucesión:

- La Serie de Villalba
- El Grupo de Cándana
 - o La Cuarcita de Cándana inferior
 - o Las Pizarras de Cándana
 - o La cuarcita de Cándana superior
 - o Las capas de tránsito
- La Caliza de Vegadeo
- La Serie de los Cabos:
 - o Las Capas de Riotorto
 - o Las Capas de Villamea
 - o Las Capas inferiores del Río Eo
 - o Las Capas superiores del Río Eo
- Las Pizarras de Luarca
- Las Capas de la Garganta

Se utilizan términos cronoestratigráficos y litoestratigráficos, a veces impropiaamente, debido a la amplia repercusión histórica y uso que han tenido y con objeto de no ampliar la terminología de formaciones que aumentaría aún más la confusión existente. Así, la denominación Grupo Cándana se utiliza aún cuando existe la Formación Cándana definida en otro lugar de NW de la Península Ibérica. Igualmente, se mantiene el término Serie de los Cabos aunque no es propiamente una serie en sentido cronoestratigráfico.

El sustrato rocoso mayoritario aflorante en la ciudad de Lugo está formado por la **Serie de Villalba**, en su tramo inferior.



Estudiada inicialmente por BARROIS (1882), quien la situó por debajo del Cámbrico y, posteriormente, por GARCIA DE FIGUEROLA (1965).

WALTER (1966, 1968) y sobre todo CAPDEVILA (1969), es una monótona serie de pizarras, esquistos y areniscas con delgadas intercalaciones de gneises anfibólicos MARTINEZ CATALAN (1981) diferencia dos tramos que pueden individualizarse cartográficamente:

▪ **Tramo inferior**

Esta constituido por una alternancia de pizarras grises y areniscas o siltitas verdosas, amarillentas y blanquecinas a veces granoclasificadas, de composición grauvaquica o subgrauvaquica. Probablemente sean depósitos turbidíticos aunque las estructuras sedimentarias conservadas son muy escasas.

Donde el metamorfismo ha alcanzado la isograda de la biotita las rocas son esquistos oscuros ricos en el mencionado mineral.

Son características las intercalaciones de gneises anfibólicos compuestos por cuarzo plagioclasa hornblenda granate epidota esfena y apatito si bien alguno de estos minerales puede faltar. Los anfíboles se disponen a veces en gavillas y es frecuente que los niveles presenten una zonación simétrica.

▪ **Tramo superior**

Consiste en pelitas grises o negras localmente ampelíticas que alternan ritmicamente con siltitas Se identifican secuencias de tipo T_{b-e} y T_{c-e} de BOUMA (1962) que inducen a interpretarlas como turbiditas probablemente distales. Hay además algunas capas lenticulares de areniscas y cuarcitas El cloritoide es frecuente en las pelitas como mineral de metamorfismo lo que las diferencia del tramo inferior donde no existe nunca.

Cuando el metamorfismo es relativamente intenso, el tramo superior se compone de esquistos moscovíticos brillantes con silicatos de aluminio, granate y estaurólita, que suelen dar un resalte en el paisaje.



Tectónica

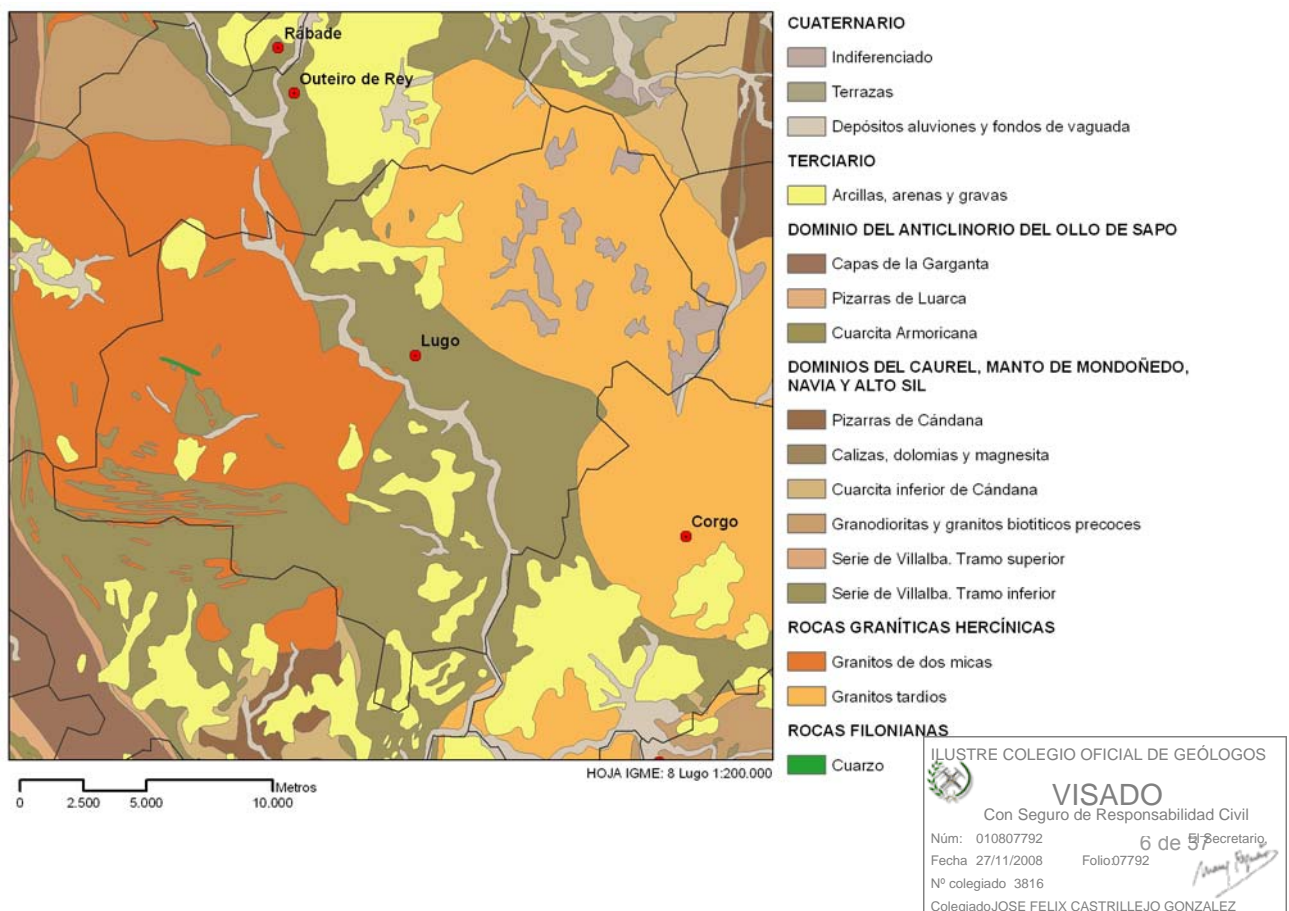
Los materiales de la “serie de Villalba”, han sido fuertemente deformados por la orogenia Hercínica.

Se diferencian tres fases principales de deformación:

Fase 1: formación de grandes pliegues tumbados con dirección N-S y vergentes hacia el E, con pliegues de arrastre asociados. Es el caso del anticlinal tumbado de Mondoñedo-Lugo-Sarria definido por Matte (1968), en cuyo núcleo se sitúa la serie de Villalba. Se desarrolla una foliación S_1 de plano axial.

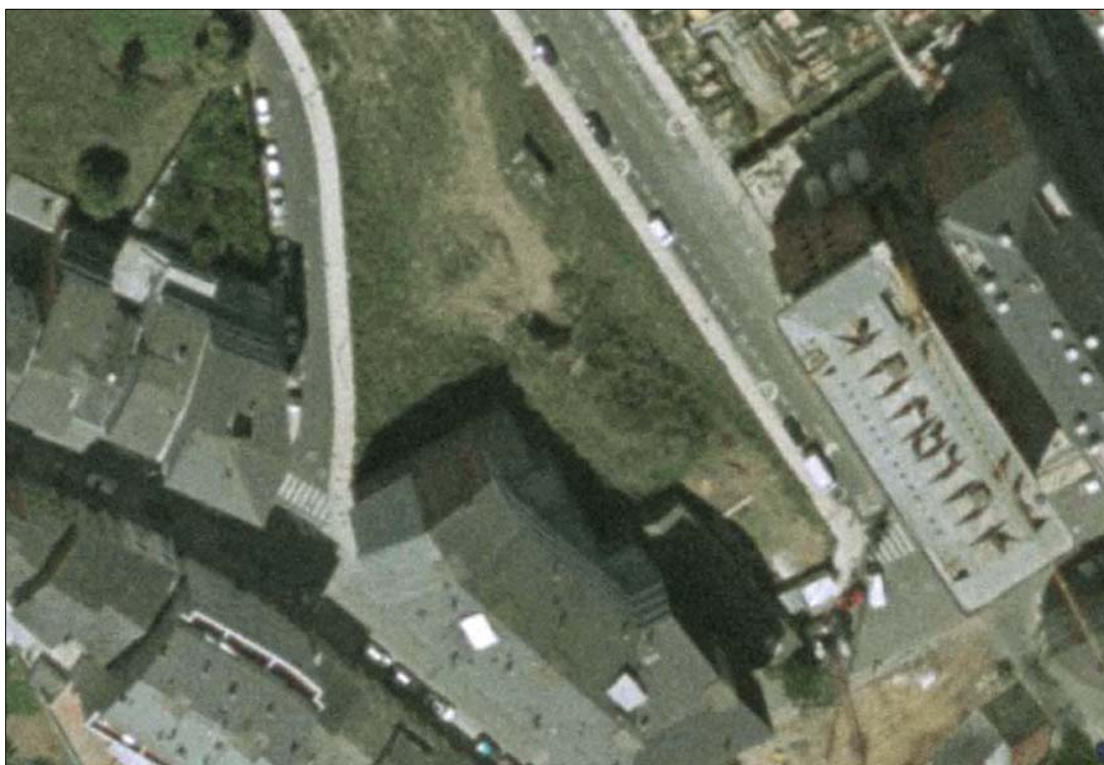
Fase 2: formación de cabalgamientos y emplazamiento de los mantos hacia el este, con estructuras asociadas en la base de los mismos. No aparece representada.

Fase 3: se originan grandes pliegues de plano axial subvertical con dirección N-S de flancos muy tendidos. Es la responsable de la formación del denominado “domo de Lugo”. Lleva asociada una foliación S_3 .



Situación

Ortofoto de la zona donde se situará la edificación.



Una sección de la edificación a realizar sería la siguiente:



3 SISMICIDAD

Objeto y ámbito de aplicación

Desde la aprobación de la norma de construcción sismorresistente: parte general de edificación (NCSE-02) mediante el REAL DECRETO 997/2002 y con fecha de 27 de septiembre de 2002, son de obligada aplicación los criterios técnicos en ella indicados. Dicha norma tiene como objeto proporcionar las pautas a seguir para la consideración de la acción sísmica en las estructuras de edificación, a fin de que su comportamiento, ante fenómenos sísmicos, evite consecuencias graves para la salud y seguridad de las personas.

Esta Norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta; en casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original.

Aceleración sísmica básica y de cálculo

La aceleración sísmica básica, a_b , expresada en relación al valor de la gravedad, g , viene indicada en el mapa de peligrosidad sísmica del territorio nacional. Este es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, necesario para la obtención de la aceleración sísmica de cálculo a_c , que queda definida como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_b = aceleración sísmica básica, valor característico de la aceleración horizontal de la superficie.

ρ = coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción.

Toma los siguientes valores:

Construcciones de importancia normal $\rho = 1.0$

Construcciones de importancia especial $\rho = 1.3$

S = coeficiente de aplicación del terreno.

C = coeficiente del terreno, que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación, y se clasifica en cuatro tipos



Párametros de cálculo

Aceleración básica de cálculo

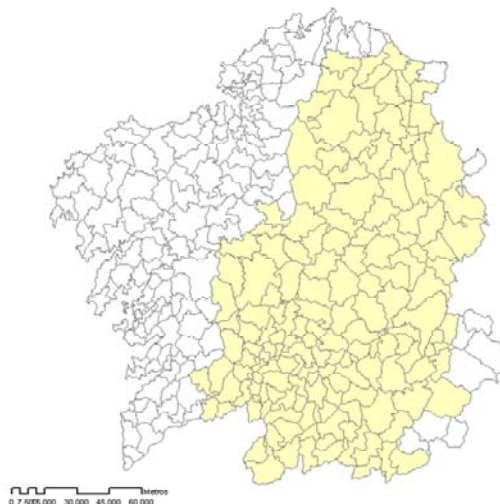
Coefficiente de riesgo

Coefficiente de amplificación del terreno

$$\rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g \quad S = \frac{C}{1,25}$$

$$0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g \quad S = \frac{C}{1,25} + 0,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

$$0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b \quad S = 1,0$$



Coefficiente del terreno

	e(m)	Ci
E1	1	2
E2	5	1,6
E3	10	1,3
E4	14	1
E5		
E6		
E7		
E8		
E9		
E10		

Tipo de terreno	C	Descripción
I	1,0	Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, Vs > 750 m/s.
II	1,3	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 750 m/s > Vs > 400 m/s.
III	1,6	Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 400 m/s > Vs > 200 m/s.
IV	2,0	Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, Vs ≤ 200 m/s.

ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO= 0,0395 g

Una vez efectuadas las operaciones pertinentes se obtiene un valor con el que se acudirá al apartado 1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma (NCSE-02).

4 TRABAJOS REALIZADOS

Se han realizado los siguientes trabajos:

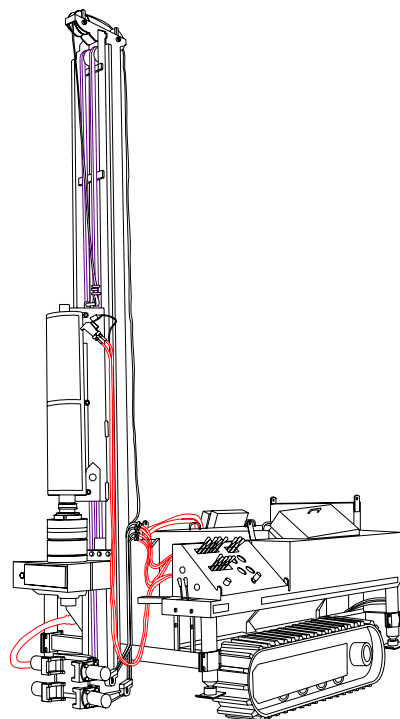
Nº	TRABAJOS DE CAMPO
2	Sondeos geotécnicos
2	Penetración dinámica

La parcela se encontraba accesible para la maquinaria en el momento de realización de los ensayos de campo.

4.1 Sondeos geotécnicos

Los sondeos geotécnicos se realizan con una máquina ROLATEC RL-48. A continuación se indican sus principales características:

MOTOR	DEUTZ-DIESEL F4L 912 de 62 CV a 2.300 r.p.m. con el conjunto de bombas hidráulicas.
CUADRO DE MANDOS	Centralizado, con sistema hidráulico completo con regulación de la velocidad de avance y de la fuerza de empuje o retención. Tomas de presión de rotación, empuje y bomba de inyección.
CABEZA DE ROTACIÓN	- Eje hueco estriado paso 100 mm. Rosca para acoplar rotación directa. - Velocidad de rotación de 0 a 1500 r.p.m., control variable desde cuadro de mando. Par máximo de rotación 450 Kgm - Apertura hidráulica de la cabeza dejando libre la zona de sondeo.
MORDAZA Y RETENEDOR HIDRAÚLICO	Instalada en cabeza, con capacidad de varillaje hasta (HQ) 90 mm. Capacidad de guía y retención hasta 143 mm. Fijo y desmontable
MASTIL CONJUNTO DE AVANCE	Accionado por cilindro hidráulico y cadena. Elevación y abatimiento hidráulico. Conjunto de poleas con prolongación, con altura para maniobras de 6 mts. Carrera del cabezal 3.400 mm. Tracción máxima 7.000 Kg Empuje regulado de 0 a 2.500 Kg
CABRESTANTE CONVENCIONAL Y WIRE LINE	De maniobra. Capacidad 2.000 Kg en tiro directo. Capacidad de 200 mts en wire line con cable de 6 mm de diámetro.
BOMBA DE INYECCIÓN DE AGUA	Tríples accionada hidráulicamente. Caudal de 0 – 140 l.p.m. Presión: 0 – 50 Bar.
UNIDAD DE GOLPEO AUTOMÁTICO	Instalada en equipo. Peso de maza 63,5 Kg. Carrera de caída libre 76 cm. Cuenta golpes electrónico digital. Cumple las normas NI de la SIMSFE siguientes: DPSH y SPT Cumple la norma UNE 103-801-94. Régimen de golpeo entre 20 y 30 g.p.m.
MONTAJE DE LA PERFORADORA Y NIVELACIÓN	Sobre chasis de orugas de caucho accionado por el mismo motor del equipo Peso del equipo 3.700 Kg. Cuatro cilindros con placa orientable, con válvulas antirretorno pilotadas.



Máquina de sondeos Rolatec RL-48



El ensayo de penetración estándar (SPT) se realiza en base a la norma UNE 103-800-92.

El SPT trata de determinar la resistencia del suelo a la penetración de un tomamuestras tubular de acero, en el interior de un sondeo, al tiempo que permite obtener una muestra representativa para su identificación, aunque con su estructura alterada.

Para la ejecución de la prueba de penetración el sondeo ha de mantener sus paredes estables, pudiendo utilizarse tuberías de revestimiento. El fondo del sondeo se limpia hasta eliminar el sedimento que pudiera haberse depositado, con los equipos adecuados para que el suelo a ensayar no se altere.

Cuando se trabaja bajo el nivel freático, el agua o fluido de perforación se mantiene siempre por encima del nivel freático. Y la extracción de los útiles de perforación y limpieza se realiza lentamente para evitar fenómenos de succión que tienden a aflojar el suelo a ensayar.

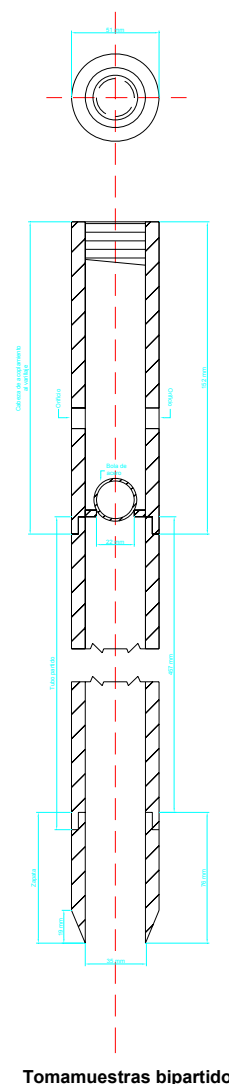
Una vez alcanzado en el sondeo la profundidad deseada para realizar el ensayo, se limpia el fondo y se baja suavemente el tomamuestras acoplado al varillaje, que a su vez lleva incorporado el dispositivo de golpeo.

Se toma nota del descenso inicial que se produce por el propio peso del conjunto. Si este descenso es igual o superior a 450 mm, el ensayo se dará por terminado tomando para "N" un valor de cero.

Después del descenso que se produce inicialmente, el ensayo se realiza en dos etapas. Y consiste básicamente en golpear sobre la cabeza de un varillaje al que esta unido solidamente el tomamuestras, mediante una maza con una masa de 63.5 Kg. y con una altura de caída de 760 mm. El ensayo se realiza sin interrupción y con una frecuencia de golpeo constante, que no deberá superar los 30 golpes por minuto.

En la primera etapa tiene lugar la "penetración de asiento"; se hince el tomamuestras una longitud de 150 mm, anotando el número de golpes necesarios para la operación.

La segunda etapa consiste en la continua hince del tomamuestras hasta que penetre 300 mm más, anotando las tandas de golpes requeridos en cada intervalo de 150 mm de penetración. El número de



Tomamuestras bipartido



golpes requerido para la penetración de 300 mm constituye la resistencia a la penetración estándar o valor "N".

El ensayo se dará por finalizado en caso de alcanzar los 50 golpes durante la penetración de asiento o en cualquiera de los otros dos intervalos de 150 mm. En el registro se anota la penetración alcanzada en estos casos y el símbolo R en lugar de N.

A continuación se indican las profundidades alcanzadas:

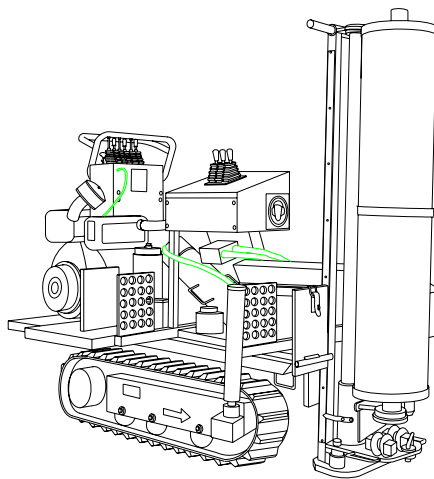
SONDEOS GEOTECNICOS					
Sondeo	Tierra vegetal (m)	Suelo residual y esquistos alterados grado V	Esquistos de la serie de Villalba alterados grado IV	Esquistos de la serie de Villalba alterados grado II-III	Profundidad alcanzada respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo (m)
S-1	0.80	5.20	3.00	--	9.00
S-2	0.70	4.15	3.85	2.30	11.00

En el anexo 8.1 se expone la testificación de los mismos y en el anexo 8.5 las fotografías realizadas.

4.2 Penetraciones Dinámicas

Los ensayos de penetración se realizan con un penetrómetro tipo Borro Superpesado marca TECOINSA, modelo PDP 2000P (D.P.S.H.) que consta de las siguientes características:

MOTOR	DIESEL YANMAR serie LA. Con una Potencia de 10 CV. (7.35Kw.) Refrigerador de aceite Cuadro de mandos centralizado
PENETRÓMETRO	Maza de golpeo 63.5 Kg. Con una altura de caída de 760 mm. Varilla admisible de 1000 mm. Cuenta golpes electrónico. Regla graduada para control de penetración. Juego de llaves dinamométricas para control de par. Velocidad de translación en primera marcha de 1-2 Km/h. Velocidad de translación en segunda marcha de 2-3.5 Km/h.
DIMENSIONES	Longitud: 2150 mm. Altura: 1435 mm. Anchura: 1000 mm. Ancho cadena: 180 mm. Ancho exterior cadenas: 760 mm. Peso: 785 Kg.
Nº DE FABRICACIÓN	00.18.721



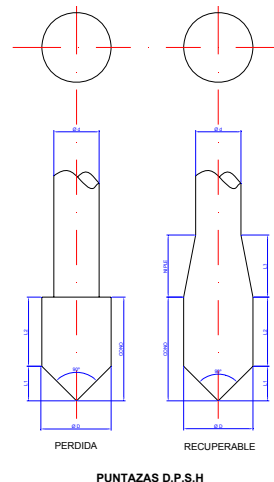
Penetrómetro D.P.S.H. TECOINSA PDP 2000P

La prueba de penetración dinámica se realiza en base a la norma UNE 108-801-94.

Esta prueba consiste en un cono acoplado a un varillaje, que se sitúa sobre el punto elegido mediante un soporte guía. El punto de ensayo debe distanciarse al menos metro y medio de cualquier otro punto ya ensayado, con el fin de que no haya habido perturbaciones.

El dispositivo se emplaza de forma que el soporte guía y el eje de la guidera queden perfectamente verticales y centrados sobre el punto. Al otro extremo del varillaje se coloca el sistema de golpeo. Se efectúa un golpeo con una frecuencia comprendida entre 15 y 30 golpes por minuto, y se registra el número de golpes necesarios para introducir en el terreno el cono a intervalos de 200 mm.

La prueba se da por finalizada cuando se alcance la profundidad previamente establecida, se superen los 100 golpes para un intervalo de penetración, se igualen o superen los 75 golpes en tres intervalos consecutivos, o cuando el valor par de rozamiento supere los 200 N-m.



A continuación se indican las profundidades alcanzadas:

Penetración dinámica	Profundidad alcanzada respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo (m)
PD-1	7.60
PD-2	9.40

Con los golpes obtenidos, se han dibujado los diagramas de penetración, tomando en abscisas el número de golpes y en ordenadas la profundidad correspondiente (anexo 8.2).

4.3 Ensayos de Laboratorio

Sobre las muestras extraídas en los sondeos geotécnicos se han realizado los siguientes ensayos:

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN		
2	Análisis granulométrico	UNE 103.101
2	Límites de Atterberg	UNE 103-103/104
ENSAYOS MECÁNICOS		
1	Ensayo de corte directo no consolidado y no drenado	UNE 103.401-98
1	Ensayo de corte directo consolidado y drenado	UNE 103.401-98
1	Rotura a compresión simple en roca	UNE 22-950-90
ENSAYOS QUÍMICOS		
2	Agresividad del suelo	EHE
1	Agresividad del agua	EHE

Los resultados de los ensayos de laboratorio se incluyen en el Anexo 8.3.



4.4 Medición del Nivel Freático

A continuación se indican los niveles del agua freática obtenidos en los diferentes días que se realizaron las mediciones, para ello se han dejado estabilizar los niveles de manera que no sea previsible la existencia de agua proveniente del ensayo:

MEDICIÓN NIVEL FREÁTICO			
ENSAYO	FECHA	Profundidad aparición en los sondeos (m)	Profundidad respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo (m)
S-1	20-11-08	7.40	7.40
S-2	20-11-08	7.35	7.35

Por lo tanto el nivel freático se localiza a unas profundidades comprendidas entre 7.35 y 7.40 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.

Los datos del nivel freático son datos puntuales en el tiempo, pudiéndose producir variaciones por el régimen de precipitaciones.



5 RESULTADOS

Los resultados de los trabajos de campo, así como de los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas, nos permiten definir:

- Estratigrafía del terreno y descripción geotécnica
- Expansividad, agresividad y colapso

5.1 Estratigrafía del terreno y descripción geotécnica

- **Nivel de tierra vegetal.** Se trata de un nivel de espesor limitado. Sobre este nivel no se realizan ensayos de laboratorio ya que deberá ser retirado. Sus parámetros *estimados* son los siguientes:

Densidad aparente T/m^3	1.60
Ángulo de rozamiento int.: ϕ (°)	25
Cohesión: c (KPa)	0

- **Suelo residual y roca alterada en grado V de la escala ISRM.** Se trata de arenas limosas y limos micáceos formados por alteración “in situ” de los esquistos de la serie de Villalba. Colores marrones anaranjados, en algunas zonas con presencia de filones de cuarzo lechoso.

	M-3170/08	M-3171/08
Clasificación U.S.C.S.	SM	MH
LL -LP-IP	38.3-NO-NO	66.6-37-7-28.9
Cernido # 0.08 (%)	26.9	69.3
Densidad aparente T/m^3	1.73-1.84	1.81-1.83
Ángulo de rozamiento int.: ϕ (°)	43.9	27.76
Cohesión: c (KPa)	108.67	86

- **Roca alterada en grado IV de la escala ISRM.** Se trata de arenas limosas que mantienen la estructura relicta de la roca que presentan un claro aumento de compacidad con la



profundidad. En el sondeo S-2 poseen un espesor de 3.85 m, con RQD de entorno a 60 y dos familias de diaclasas cerradas o ligeramente abiertas con óxidos de hierro.

- **Roca alterada en grado II-III de la escala ISRM.** Se trata del un nivel que cada vez va ganando más compacidad, colores marrones que tienden a pasar a grises. Esquistosidad de aproximadamente 20-40° y valores RQD de aproximadamente 60.

Grado de meteorización		II-III			Escala ISRM
Densidad aparente		2.62			T/m ³
Rotura a compresión simple (q_u)		32.94			Kg/cm ²
Fracturas:		Familia 1	Familia 2		
	Orientación	30-60	60-90		° respecto a eje de sondeo
	Espaciado	--	--		cm
	Estado y rugosidad	Cerradas o ligeramente abierta con óxidos de Fe	Cerradas o ligeramente abierta con óxidos de Fe		
R.Q.D.		60			
Ángulo de rozamiento int. (ϕ)		40			°
Cohesión (c)		30			T/m ²

5.2 Características físicas del suelo

Expansividad:

Las características preferentemente granulares y rocosas del suelo, unido a las condiciones climáticas y de humedad del mismo no son favorables para que se produzca expansividad.

EXPANSIVIDAD:

NO EXPANSIVO

Agresividad:

Se han realizado ensayos completos de agresividad sobre las muestras extraídas según criterios de EHE. (Anexo 8.3). Se obtienen los siguientes resultados:

SUELO	TIPO DE AGRESIVIDAD:	DÉBIL
AGUA	TIPO DE AGRESIVIDAD:	DÉBIL

TIPO DE AMBIENTE:

Ila + Qa

De acuerdo con el tipo de ambiente a la hora de elegir el hormigón a emplear en la cimentación, se recomienda tener en cuenta los criterios de la E.H.E. referentes al hormigón de elementos estructurales (tablas 8.2.2 y 8.3.3.a):

Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras (EHE Tabla 8.2.2)			
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso
No agresiva		I	Ninguno
Normal	Humedad alta	Ila	Corrosión de origen diferente de los cloruros
	Humedad media	Ilb	Corrosión de origen diferente de los cloruros
	Aérea	IIla	Corrosión por cloruros
Marina	Sumergida	IIlb	Corrosión por cloruros
	En zona de mareas	IIlc	Corrosión por cloruros
	Con cloruros de origen diferente del medio marino	IV	Corrosión por cloruros

Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión (EHE Tabla 8.2.3.a)			
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso
Química Agresiva	Débil	Qa	Ataque químico
	Media	Qb	Ataque químico
	Fuerte	Qc	Ataque químico
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes
Erosión		E	Abrasión / Cavitación

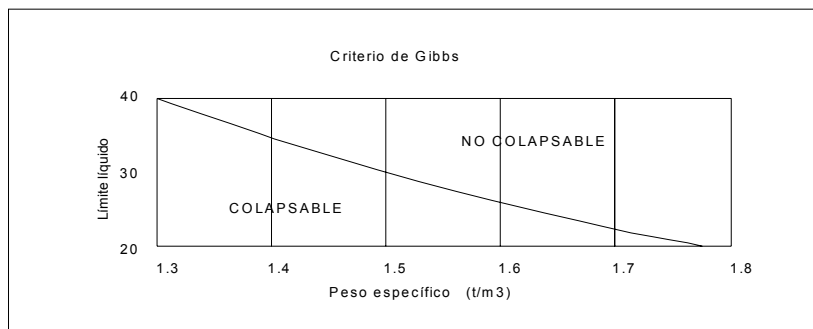


CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
no agresiva		I	Ninguno	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa	- interiores de edificios, protegidos de la intemperie
normal	humedad alta	IIa	corrosión de origen diferente de los cloruros	- interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - elementos enterrados o sumergidos.	- sótanos no ventilados - cimentaciones - tableros y pilas de puentes en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos de hormigón en cubiertas de edificios
	humedad media	IIb	corrosión de origen diferente de los cloruros	- exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	- construcciones exteriores protegidas de la lluvia - tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm
Marina	aérea	IIIa	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar - elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)	- edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral - instalaciones portuarias
	sumergida	IIIb	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar	- zonas sumergidas de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral - cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
	en zona de mareas	IIIc	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas	- zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	corrosión por cloruros	- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.	- piscinas - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua.

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Química Agresiva	débil	Qa	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver Tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b. - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b.
	media	Qb	ataque químico	- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver Tabla 8.2.3.b)	- dolos, bloques y otros elementos para diques - estructuras marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b. - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3b. - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b.
	fuerte	Qc	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver Tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b. - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b.
con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo-deshielo	- elementos situados en contacto frecuente con agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	- construcciones en zonas de alta montaña - estaciones invernales
	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes	- elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C	- tableros de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña
erosión		E	abrasión cavitación	- elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantalanos y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

Colapso:

A pesar de no existir en la zona de estudio referencias de limos en los que se presente este tipo de fenómenos, se ha comprobado mediante el Criterio de Gibbs, que relaciona el peso específico (densidad seca) del suelo y su límite líquido.



Se concluye:

	RESULTADO
Suelos existentes	NO COLAPSABLES

5.3 Clasificación según Casagrande (S.U.C.S.: sistema unificado de clasificación de suelos)

Las muestras obtenidas se han sometido a ensayos de identificación, permitiendo clasificarlas conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (también clasificación de Casagrande).

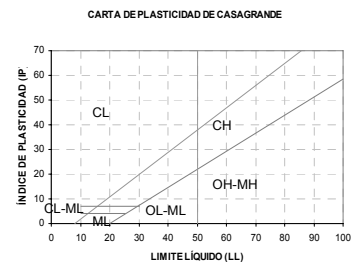
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE (S.U.C.S)			
Muestra	Profundidad (m)	Símbolo de grupo	Descripción
M-3170/08	3.00 m S-1	SM	Arenas limosas con un 26.9 % de finos.
M-3171/08	0.80 m S-2	MH	Limos micáceos con un 69.3 % de finos.
OBSERVACIONES:			
Esta clasificación es considerando el suelo como un material, es decir que sirve para identificar la calidad de una porción de suelo, de una muestra, sin relacionarla con el conjunto de la masa, ni juzgar sobre la abundancia o escasez de la misma.			

El resultado de todos los análisis realizados se encuentra en el anexo 8.3 Ensayos de Laboratorio.

CLASIFICACIÓN SUELOS SEGÚN CASAGRANDE (S.U.C.S: sistema unificado de clasificación de suelos)					
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS (Mas de la mitad retenido en el tamiz 0.060 mm)	GRAVAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa retenido en el tamiz 5mm)	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con un poco o nada de fino $C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	
			GP	Gravas bien graduadas, mezclas de grava con un poco o nada de fino No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW	
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo Límites Atterberg debajo de la "línea A" o $IP < 4$	Arriba de la "línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos frontera que requieren el uso de símbolos dobles
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla Límites Atterberg arriba de la "línea A" o $IP > 7$	
	ARENAS (Mas de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz 5mm)	ARENA LIMPIA	SW	Arenas bien graduadas, arenas con gravas, poco o nada de finos $C_u > 4$ $1 < C_c < 3$	No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con gravas, con poco o nada de finos	
ARENA CON FINOS		SM	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo Límites Atterberg debajo de la "línea A" o $IP < 4$	Arriba de la "línea A" y con IP entre 4 y 7 son casos frontera que requieren el uso de símbolos dobles	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla Límites Atterberg arriba de la "línea A" o $IP > 7$		
SUELO DE PARTÍCULAS FINAS (Mas de la mitad retenido en el tamiz 0.060 mm)	LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)		ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	
			OL	Limos inorgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
			MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos	
	LIMOS Y ARCILLAS (LL>50)		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas	
			OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad	
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		PI	Turbas y otros suelos altamente orgánicos

CARTA DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE

The graph plots the Plasticity Index (PI) on the y-axis (0 to 70) against the Liquid Limit (LL) on the x-axis (0 to 100). Two diagonal lines define the boundaries for clayey soils: one from LL=0 to PI=4, and another from LL=25 to PI=25. The regions are labeled as follows: CL (Clay Low Plasticity) is above the first line and to the left of the second; CH (Clay High Plasticity) is above the second line; OL-MH (Organic Low to Medium Plasticity) is below the first line and to the left of the second; OH-MH (Organic High to Medium Plasticity) is below the second line. Specific points are marked: CL-ML at (LL=15, PI=0), ML at (LL=20, PI=0), and OL at (LL=25, PI=0).



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Estudio de la cimentación

6.1.1. Tensión admisible

Para determinar su tensión admisible aplicamos la fórmula de Terzaghi, que ha sido modificada por Brinch Hansen aplicando factores de profundidad, inclinación y forma. Esta fórmula viene recogida en el Documento Básico SE-C y viene definida por:

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B_{yk}^* N_{\gamma} d_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} t_{\gamma}$$

Siendo:

q_h la presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_k ;

q_{0k} la presión vertical característica alrededor del cimiento al nivel de su base;

c_k el valor característico de la cohesión del terreno;

B^* el ancho equivalente del cimiento;

γ_k el peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento;

N_c, N_q, N_{γ} los factores de capacidad de carga. Son adimensionales y dependen exclusivamente del valor característico del ángulo de rozamiento interno característico del terreno (ϕ_k). se denominan respectivamente factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico;

d_c, d_q, d_{γ} los coeficientes correctores de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento. Se denominan factores de profundidad;

s_c, s_q, s_{γ} los coeficientes correctores de influencia para considerar la forma en planta del cimiento;

i_c, i_q, i_{γ} los coeficientes correctores de influencia para considerar el efecto de la inclinación de la resultante de las acciones con respecto a la vertical;

t_c, t_q, t_{γ} los coeficientes correctores de influencia para considerar la proximidad del cimiento a un talud.

La carga admisible (q_a) se estima como la relación de la carga de hundimiento (q_h) con el Factor de Seguridad.

Como se trata de suelos con un contenido de finos elevado usaremos la fórmula:

$$Q_{adm} = (c_u N_c / F) + q$$

Siendo:



ϕ = ángulo de rozamiento interno

$c_u = K Nspt$ Siendo: c_u = resistencia corte sin drenaje y K entre 3,5 y 6,5

$q = \gamma D$ Siendo: γ = peso específico y D = profundidad hasta cota de cimentación.

γ	D
1.80 gr/cm ³	100 cm

COTA DE CIMENTACIÓN PREVISTA: aproximadamente **3.50 m** respecto acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.

ASIENTO: 1 pulgada.

K: 5.00

VALOR MEDIO ESTIMADO N_{dpsh} : 13.

Una vez tenido en cuenta todo lo anterior se recomienda adoptar la siguiente tensión admisible a una profundidad de 3.50 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo:

$$\sigma_{adm} \leq 1.50 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma_{adm} \leq 150 \text{ KN/m}^2)$$

Si por criterios del Proyectista se decide realizar una cimentación mediante Losa Armada o emparrillado de zapatas en dos direcciones se recomienda mantener un valor de tensión admisible de $\sigma \leq 1.50 \text{ Kg/cm}^2$ a dicha profundidad.

Si se desea adoptar una tensión admisible mayor se recomienda ejecutar una cimentación mediante pozos o enanos que enlacen directamente con los pilares, alcanzando una profundidad de entre 4.80 a 6.00 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo. A dichas profundidades se puede adoptar una tensión admisible de $\sigma \leq 2.50 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma \leq 250 \text{ KN/m}^2$).



6.1.2 Asientos

Se ha realizado una estimación de los asientos para el suelo mediante el método elástico:

$$S = k q B (1 - \nu^2) / E$$

K = coeficiente según forma de carga y dimensiones

q = carga aplicada

B = ancho del cimiento

ν = coeficiente de Poisson

E = módulo de elasticidad

Se han aplicado los siguientes parámetros: $E = 280 \text{ kg/cm}^2$ y $\nu = 0.30$. El parámetro E se ha calculado en función de los valores N_{20} obtenidos en los ensayos DPSH, comparándolo con los normalizados e indicados por numerosos autores para materiales de la misma naturaleza. El valor de ν se ha obtenido según las indicaciones realizadas por los mismos autores.

Una vez aplicada la fórmula para un valor de tensión admisible de $\sigma_{adm} \leq 1.50 \text{ Kg/cm}^2$ el asiento máximo estimado es de:

$$S = 1.78 \text{ cm}$$

Siendo por lo tanto admisible para estructuras de hormigón armado. Igualmente la distorsión angular generada por asientos diferenciales es inferior a 1/500, encontrándonos dentro del rango de valores permitidos para este tipo de estructuras.

El cálculo de asientos debe considerarse una aproximación, estableciendo unas condiciones globales, puesto que su análisis real requeriría un estudio prácticamente directo sobre cada uno de los cimientos, una vez conocida la carga y el dimensionado exacto de los mismos.



6.2 Cimentación recomendada

Teniendo en cuenta las características geotécnicas del terreno, el tipo de obra proyectado y los parámetros de cálculo expuestos se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Recomendar una cimentación mediante zapata continua bajo muro y zapatas aisladas arriostradas en el resto a una profundidad de 3.50 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo, adoptando una tensión admisible de:

$$\sigma_{adm} \leq 1.50 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma_{adm} \leq 150 \text{ KN/m}^2)$$

- Si por criterios del Proyectista se decide realizar una cimentación mediante Losa Armada o emparrillado de zapatas en dos direcciones se recomienda mantener un valor de tensión admisible de $\sigma \leq 1.50 \text{ Kg/cm}^2$ a dicha profundidad.
- Si se desea adoptar una tensión admisible mayor se recomienda ejecutar una cimentación mediante pozos o enanos que enlacen directamente con los pilares, alcanzando una profundidad de entre 4.80 a 6.00 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo. A dichas profundidades se puede adoptar una tensión admisible de $\sigma \leq 2.50 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma \leq 250 \text{ KN/m}^2$).
- Si es necesario en algún punto realizar una cimentación superficial se recomienda adoptar una tensión admisible de $\sigma \leq 1.00 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma \leq 100 \text{ KN/m}^2$) a 1.00 m de profundidad respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.



6.3 Módulo de Balasto

Valores orientativos del K_{30} (Coeficiente de Balasto) en función del tipo de suelo.

Tipo de suelo	K_{30} (kp/cm ³) para placa de 1 pie ²
**Suelo fangoso	0,50-1,50
*Arena seca o húmeda, suelta (N_{SPT} 3 a 9)	1,20-3,60
*Arena seca o húmeda, media (N_{SPT} 9 a 30)	3,60-12,00
*Arena seca o húmeda, densa (N_{SPT} 30 a 50)	12,00-24,00
*Grava fina con arena fina	8,00-10,00
*Grava media con arena fina	10,00-12,00
*Grava media con arena gruesa	12,00-15,00
*Grava gruesa con arena gruesa	15,00-20,00
*Grava gruesa firmemente estratificada	20,00-40,00
**Arcilla blanda (q_u 0,25 a 0,50 kg/cm ²)	0,65-1,30
**Arcilla media (q_u 0,50 a 2,00 kg/cm ²)	1,30-4,00
**Arcilla compacta (q_u 2,00 a 4,00 kg/cm ²)	4,00-8,00
Arcilla margosa dura (q_u 4,00 a 10,00 kg/cm ²)	8,00-21,00
Marga arenosa rígida	21,00-44,00
Arena de miga y tosco	22-110
Marga	22 a 2200
Caliza margosa alterada	150-220
Caliza sana	885-36000
Granito meteorizado	30-9000
Granito sano	1700-3600

* = Los terrenos granulares si están sumergidos tomarán un K_s igual a los de la tabla multiplicados por 0,60.

** = Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración.

Si se consideran cargas permanentes que produzcan Q y M y ha de tener lugar la consolidación, se multiplican los valores de la tabla por 0,25

En función de los tipos de terreno presentes en el solar se recomienda adoptar el siguiente coeficiente de balasto K_{30} a la profundidad de cimentación recomendada.

Coeficiente de balasto a 3,50 m de profundidad

$K_{30}=4.50 \text{ Kg/cm}^3$

El coeficiente de balasto horizontal en caso de ser necesario puede calcularse en base las fórmulas de Terzaghi y Broms:

Caso de fuste rectangular: $K_H=0.75 E_0/B$

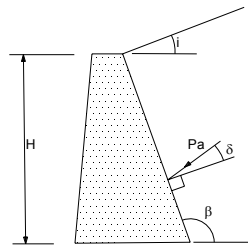
Caso de fuste circular $K_H=0.75 E_0/D$



6.4 Resistencia del terreno frente a acciones horizontales

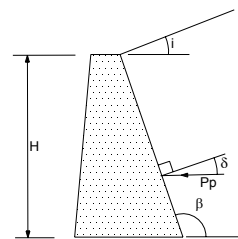
Coefficiente de empuje activo:

$$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \times \operatorname{sen}(\beta - \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta + \delta) + \frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \times \operatorname{sen}(\phi' - i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$$



Coefficiente de empuje pasivo:

$$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \times \operatorname{sen}(\beta + \phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta - \delta) - \frac{\operatorname{sen}(\delta + \phi') \times \operatorname{sen}(\phi' + i)}{\operatorname{sen}(\beta - i)}}} \right]^2$$



Coefficiente de empuje en reposo:

$$K_0 = (1 - \operatorname{sen} \phi') \times (R_{oc})^{1/2}$$

Siendo ϕ' el ángulo de rozamiento efectivo del terreno

R_{oc} la razón de sobreconsolidación definida en el anejo A de este DB. La fórmula no se debería utilizar para valores extremadamente altos de R_{oc} , superiores a 25-30.

Si el terreno se eleva a partir del muro con un ángulo $i \leq \phi'$ con respecto a la horizontal, la componente horizontal del empuje de tierras efectivo σ'_{ho} se puede relacionar con la tensión efectiva debida al peso por la relación K_{oi} que es igual a:

$$K_{oi} = K_o \times (1 - \operatorname{sen} i)$$

La dirección del empuje de tierras se puede suponer, entonces, paralela a la superficie del terreno.

6.5 Grados de impermeabilidad

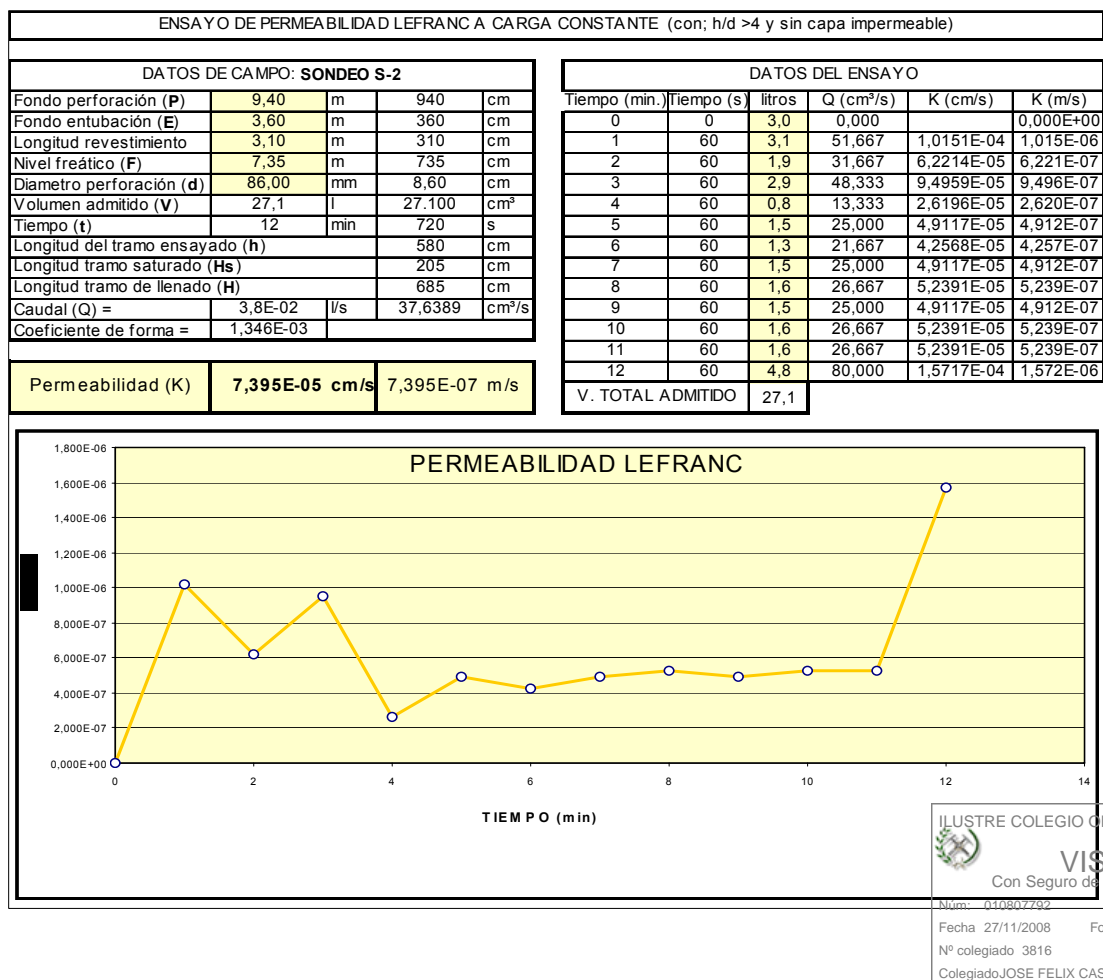
El cálculo de la permeabilidad "in situ" del terreno se ha efectuado mediante un ensayo Lefranc para nivel constante. Este ensayo consiste en una medida puntual de la transmisividad del agua a través de los materiales presentes en el subsuelo. Consiste en introducir un caudal conocido para mantener constante el nivel de agua dentro de la perforación. Una vez estabilizado el proceso, a partir de dicho caudal, de la longitud y del diámetro de la perforación se puede calcular la permeabilidad.

La conductividad hidráulica se obtiene por esta expresión:

$$K = Q / (C H)$$

Donde:

K = Permeabilidad
Q = caudal inyectado
H = altura del agua dentro del sondeo, por encima del nivel freático previo
C = factor de forma. $C = (2 \pi h) / (\ln (2 h / d))$
h = longitud de la zona filtrante
d = diámetro del sondeo



La presencia de agua se considera:

- Baja: cuando la cara inferior del Suelo en contacto con el terreno se encuentra por encima del nivel freático.
- Media: cuando la cara inferior del Suelo en contacto con el terreno se encuentra a la misma profundidad que el nivel freático o a menos de dos metros por debajo.
- Alta: cuando la cara inferior del Suelo en contacto con el terreno se encuentra a dos o más metros por debajo del nivel freático.

Grado de impermeabilidad mínimo exigido para Muros:

Presencia de Agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

Nivel Freático	Coeficiente de permeabilidad	Presencia de agua	Grado de impermeabilidad para Muros
7.35-7.40	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	BAJA	1

Nota: tal como se indica en el apartado 4.4 Medición del nivel freático, éste es una medida puntual en el tiempo, de modo que pueden producirse oscilaciones naturales de forma que puede afectar a la clasificación de "presencia de agua". En la clasificación, se tiene en cuenta este hecho y se opta por aportar el valor más adecuado en cada caso.

Grado de impermeabilidad mínimo exigido para Suelos:

Presencia de Agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1



Nivel Freático	Coeficiente de permeabilidad	Presencia de agua	Grado de impermeabilidad para Suelos
7.35-7.40	$K_s > 10^{-5}$ cm/s	BAJA	2

Nota: tal como se indica en el apartado 4.4 Medición del nivel freático, éste es una medida puntual en el tiempo, de modo que pueden producirse oscilaciones naturales de forma que puede afectar a la clasificación de "presencia de agua". En la clasificación, se tiene en cuenta este hecho y se opta por aportar el valor más adecuado en cada caso.

Nota: puesto que la "presencia de agua" depende de la cota de Suelo, los valores recomendados anteriormente, tanto para Muros como para Suelos, pueden variar según la cota final de éste. A partir de los datos indicados en los cuadros anteriores ("nivel freático" y "coeficiente de permeabilidad") podrán determinarse los grados de impermeabilidad para las nuevas cotas de Suelo, en el caso de que varíen respecto a los datos facilitados inicialmente. Los valores indicados del grado de impermeabilidad corresponden a los obtenidos según las características de permeabilidad del terreno y la presencia de agua determinada a partir de los datos facilitados por el Proyectista en cuanto a cota de Suelo.

A continuación se indican valores orientativos del coeficiente de permeabilidad en diferentes tipos de terreno:

VALORES ORIENTATIVOS DEL COEF. DE PERMEABILIDAD	K_s (cm/s)
Grava limpia	> 10
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-1} - 10^{-3}$
Arena fina, limo, mezcla de arenas, limos y arcillas	$10^{-3} - 10^{-7}$
Arcilla	$< 10^{-7}$

6.6 Excavabilidad

Basándonos en los ensayos realizados se obtiene el índice de excavabilidad a partir de varios parámetros geotécnicos.

CLASE	FACILIDAD DE EXCAVACIÓN	INDICE (W+S+J+B)	EQUIPO DE EXCAVACIÓN	MODELOS DE EQUIPOS EMPLEADOS
1	Muy fácil	< 40	Tractores de ripado Dragalinas Excavadoras	-Tractor -Dragalina 5m ³
2	Fácil	40-50		-Tractor -Dragalina > 8m ³ -Excavación de Cables > 5m ³
3	Moderadamente difícil	50-60	Dragalinas Excavadoras	-Tractor-Excavadora-Pala Cargadora -Excavadora Hidráulica > 3m ³
4	Difícil	60-70		-Tractor-Excavadora-Pala Cargadora -Excavadora Hidráulica > 3m ³
5	Muy difícil	70-95	Excavadoras	-Excavadora Hidráulica > 3m ³
6	Extremadamente difícil	95-100		-Excavadora Hidráulica > 7m ³
7	Marginal sin voladura	> 100		-Excavadora Hidráulica > 10m ³

Se establece un índice de excavabilidad del terreno para el desmonte a realizar:

Excavabilidad terreno vegetal	EXCAVACIÓN MUY FÁCIL
Excavabilidad suelo residual y roca alterada grado V	EXCAVACIÓN FÁCIL
Excavabilidad roca alterada grado IV	EXCAVACIÓN MODERADAMENTE DIFÍCIL

Es conveniente contrastar los datos expuestos en este apartado con clasificaciones o tablas de ripabilidad y excavabilidad que generalmente acompaña las especificaciones de la maquinaria que se pretenda emplear en las tareas de desmonte; puesto que el tipo de maquinaria y su potencia son determinantes.

6.7 Taludes y elementos de contención

En aquellos casos en que se requiera excavación provisional de taludes se recomienda:

En niveles de rellenos antrópicos, niveles de tierra vegetal o suelos muy sueltos se pueden adoptar taludes 1H:1V. Si dichos taludes pueden estar varios meses abiertos se deben considerar taludes 2H:1V. Estas recomendaciones son válidas para alturas de excavación inferiores a 5 m y siempre que los edificios y viales del entorno se sitúen a distancias superiores a la altura máxima de excavación.

Si no se pueden ejecutar los taludes con dicha pendiente se recomienda la ejecución mediante bataches cortos de modo alternativo siguiendo las recomendaciones del DB SE-C.

Los parámetros recomendados del terreno son los siguientes:

Tierra vegetal	$\phi = 25^\circ$	$c = 0.0 \text{ T/m}^2$	$\gamma = 1.60 \text{ T/m}^3$
Suelo residual y roca grado V	$\phi = 30^\circ$	$c = 1.0 \text{ T/m}^2$	$\gamma = 1.80 \text{ T/m}^3$
Roca alterada grado IV	$\phi = 32^\circ$	$c = 2.0 \text{ T/m}^2$	$\gamma = 2.00 \text{ T/m}^3$



6.8 Otras recomendaciones

- Debido a posibles variaciones naturales en las características del terreno, es recomendable inspeccionar el fondo del vaciado a realizar para construir la cimentación, con el objeto de no pasar por alto la existencia de zonas blandas que no hayan sido detectadas en los ensayos realizados.
- Los valores de los parámetros del terreno se han comprobado con los valores representativos para suelos propuestos por Terzaghi y Peck, 1948; Grundbau-Taschenbuch 1980; EAU-1970. En los casos en que se trata de valores estimados hemos adoptado un valor ligeramente conservador. El valor de ϕ se ha comprobado mediante las expresiones de Meyerhoff (1965) basadas en la densidad relativa (DR%) y la expresión propuesta por Muromachi (1974) a partir del valor N_{spt} :

N_{SPT}	Compacidad	ϕ ángulo rozamiento interno arenas
<4	Muy floja	<29°
4-10	Floja	29°-30°
10-30	Media	30°-36°
30-50	Densa	36°-41°
>50	Muy densa	>41°

Muromachi (1974):	$\phi = 20 + 3.5\sqrt{N}$
Meyerhoff (1965)	

CARACTERÍSTICAS MEDIAS DE LOS SUELOS PARA ANTEPROYECTOS (EAU-1970)						
CLASE DE SUELO	PESO ESPECÍFICO		VALORES DE CÁLCULO			MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD
	γ (t/m ³)	γ_{surg} (t/m ³)	RESISTENCIA FINAL	RESISTENCIA INICIAL	Resistencia al corte sin drenaje c_u (t/cm ²)	E_{s2} t/m ²
SUELOS NO COHESIVOS						
Arena suelta, redondeada	1.8	1.0	30	-	-	2000-5000
Arena suelta, angulosa	1.8	1.0	32.5	-	-	4000-8000
Arena semidensa redondeada	1.9	1.1	32.5	-	-	5000-10000
Arena semidensa angulosa	1.9	1.1	35	-	-	8000-15000
Grava sin arena	1.6	1.0	37.5	-	-	10000-20000
Grava gruesa, angulosa	1.8	1.1	40	-	-	15000-30000



7 RESUMEN

- **GAU Arquitectura e Urbanismo S.L.P.** se pone en contacto con INVECO S.L. para la realización de un estudio geotécnico del terreno donde se planea construir un edificio para biblioteca pública situado en la calle Matemático Vázquez Queipo de Lugo.
- El terreno existente en la zona donde se pretende realizar la obra está constituido por:
 - Tierra vegetal.
 - Suelo residual, arenas limosas y limos micáceos con niveles de roca alterada en grado V de la escala ISRM.
 - Roca alterada en grado IV de escala ISRM.
 - Roca de la Serie de Villalba alterada en grado II-III de la escala ISRM.
- Se recomienda el siguiente tipo de cimentación:

Zapata continua bajo muro y zapatas aisladas arriostradas en el resto a una profundidad de 3.50 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.

A dicha profundidad se podrá adoptar una tensión admisible de:

$$\sigma_{adm} \leq 1.50 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma_{adm} \leq 150 \text{ KN/m}^2)$$

Si por criterios del Projectista se decide realizar una cimentación mediante Losa Armada o emparrillado de zapatas en dos direcciones se recomienda mantener un valor de tensión admisible de $\sigma \leq 1.50 \text{ Kg/cm}^2$ a dicha profundidad.



Si se desea adoptar una tensión admisible mayor se recomienda ejecutar una cimentación mediante pozos o enanos que enlacen directamente con los pilares, alcanzando una profundidad de entre 4.80 a 6.00 m respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo. A dichas profundidades se puede adoptar una tensión admisible de $\sigma \leq 2.50 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma \leq 250 \text{ KN/m}^2$).

Si es necesario en algún punto realizar una cimentación superficial se recomienda adoptar una tensión admisible de $\sigma \leq 1.00 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma \leq 100 \text{ KN/m}^2$) a 1.00 m de profundidad respecto a la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.

- El suelo y el agua presentan agresividad química débil para el hormigón a emplear en la cimentación.



Las conclusiones y recomendaciones expuestas en el presente informe, responden a la elaboración y discusión de los datos resultantes de ensayar en laboratorio las muestras seleccionadas, así como de los datos obtenidos "in situ" en la campaña de campo proyectada. Son todos ellos valores y datos puntuales, que se hacen extensivos al resto de la parcela.

El presente informe consta de portada y 37 páginas numeradas correlativamente con sus correspondientes anexos.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe.

AUTOR DEL INFORME



José Félix Castrillejo González. Geólogo

Vº Bº DIRECTOR TÉCNICO



Antonio López Vega

8. ANEXOS



8.1 REGISTRO DE SONDEOS

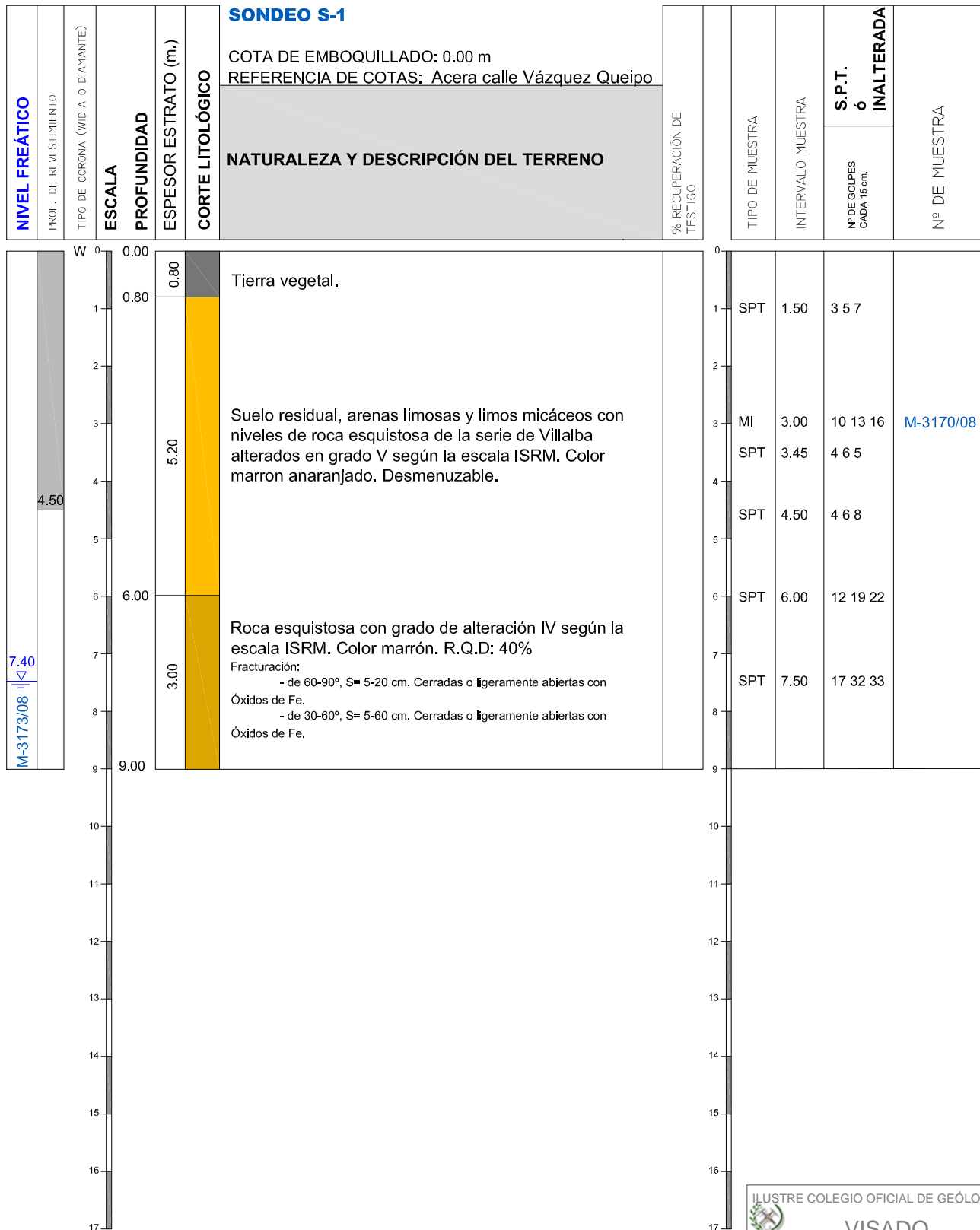
REGISTRO DE SONDEOS

Expte.: G-163/08

EMPLAZAMIENTO: Calle Matemático Vázquez Queipo. Lugo.

FECHA DE COMIENZO: 19-11-08

FECHA DE FINALIZACIÓN: 19-11-08



Ø REVESTIMIENTO (MM.): 98 || Ø BATERÍA: B-86 || SPT (ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR), MI (MUESTRA INALTERADA), TR (TESTIGO DE ROKA) TRP SI ES PARA

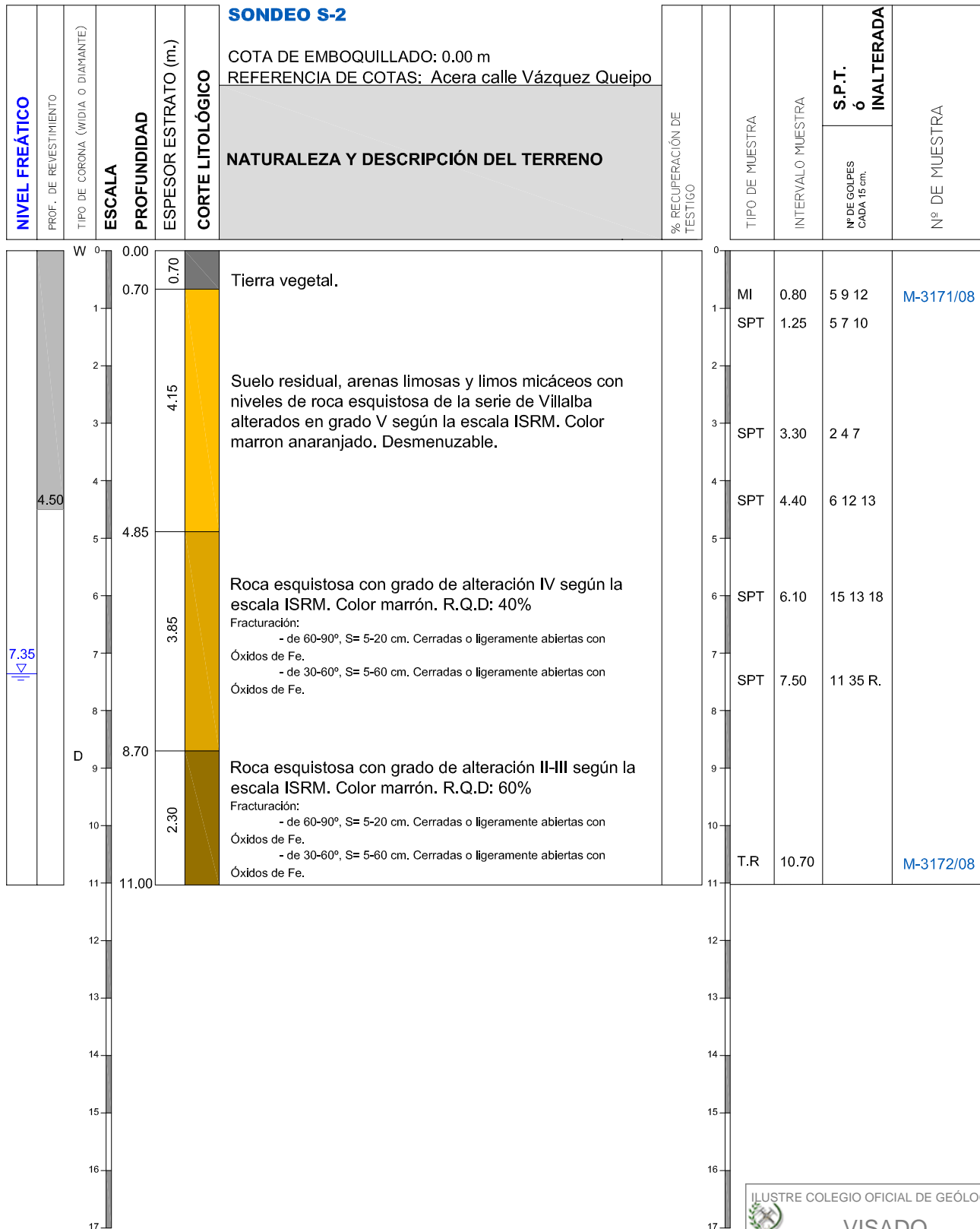
REGISTRO DE SONDEOS

Expte.: G-163/08

EMPLAZAMIENTO: Calle Matemático Vázquez Queipo. Lugo.

FECHA DE COMIENZO: 20-11-08

FECHA DE FINALIZACIÓN: 20-11-08



Ø REVESTIMIENTO (MM.): 98 || Ø BATERÍA: B-86 || SPT (ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR), MI (MUESTRA INALTERADA), TR (TESTIGO DE RÓC.A.P. TRP SI ES PARA FINADO)

8.2 REGISTRO DE PENETRACIONES DINÁMICAS

ESTUDIO GEOTÉCNICO: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

G-163-08

COTA: 0,00 m

REFERENCIA: Acera calle Matemático Vázquez Queipo

ESTIMACIÓN NIVEL FREÁTICO:

ENSAYO PD- 1

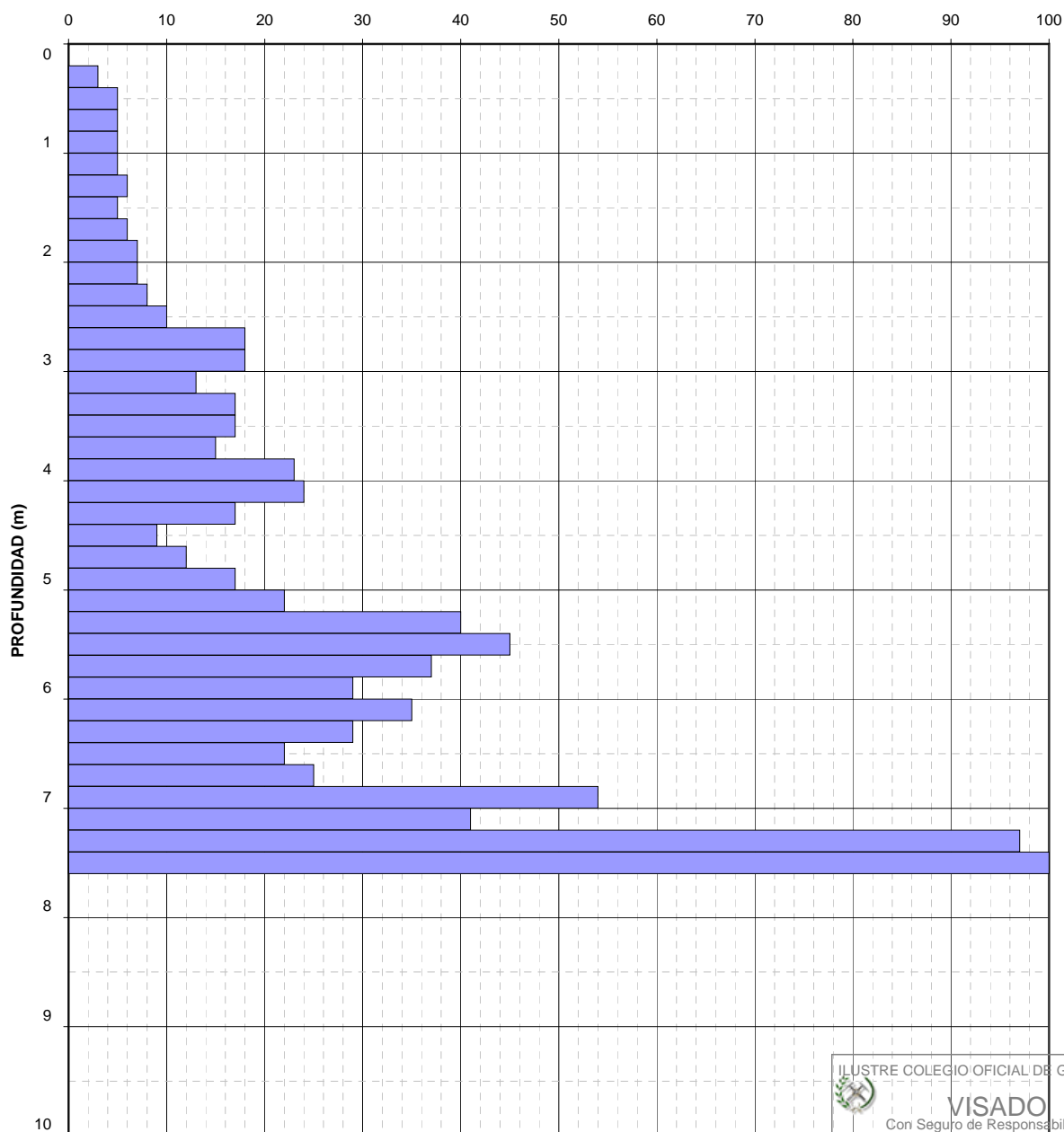
Fecha: 21/11/2008

VALORES N20

0 m - 1 m	1 m - 2 m	2 m - 3 m	3 m - 4 m	4 m - 5 m	5 m - 6 m	6 m - 7 m	7 m - 8 m	8 m - 9 m	9 m - 10 m
0,0-0,2 0	1,0-1,2 5	2,0-2,2 7	3,0-3,2 13	4,0-4,2 24	5,0-5,2 22	6,0-6,2 35	7,0-7,2 41	8,0-8,2	9,0-9,2
0,2-0,4 3	1,2-1,4 6	2,2-2,4 8	3,2-3,4 17	4,2-4,4 17	5,2-5,4 40	6,2-6,4 29	7,2-7,4 97	8,2-8,4	9,2-9,4
0,4-0,6 5	1,4-1,6 5	2,4-2,6 10	3,4-3,6 17	4,4-4,6 9	5,4-5,6 45	6,4-6,6 22	7,4-7,6 100	8,4-8,6	9,4-9,6
0,6-0,8 5	1,6-1,8 6	2,6-2,8 18	3,6-3,8 15	4,6-4,8 12	5,6-5,8 37	6,6-6,8 25	7,6-7,8	8,6-8,8	9,6-9,8
0,8-1,0 5	1,8-2,0 7	2,8-3,0 18	3,8-4,0 23	4,8-5,0 17	5,8-6,0 29	6,8-7,0 54	7,8-8,0	8,8-9,0	9,8-10,0

GRÁFICO DE ENSAYO DPSH

VALORES N20



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
VISADO
Con Seguro de Responsabilidad Civil
Núm: 010807792
Fecha 27/11/2008
Folio 07792
Nº colegiado 3816
Colegiado JOSE FELIX CASTRILLEJO GONZALEZ

ESTUDIO GEOTÉCNICO: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (DPSH)

G-163-08

COTA: 0,00 m

REFERENCIA: Acera calle Matemático Vázquez Queipo

ESTIMACIÓN NIVEL FREÁTICO:

ENSAYO PD- 2

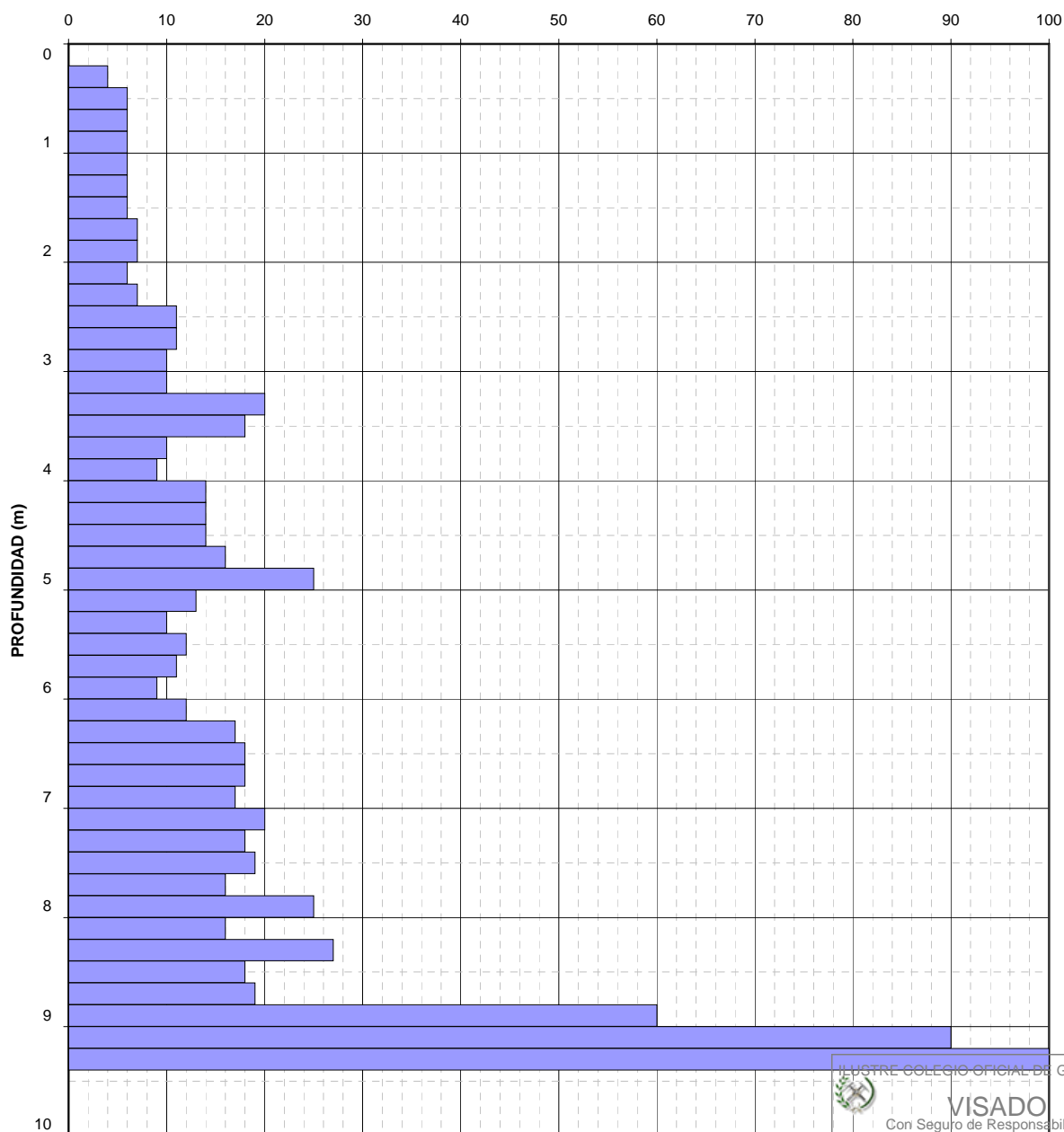
Fecha: 21/11/2008

VALORES N20

0 m - 1 m	1 m - 2 m	2 m - 3 m	3 m - 4 m	4 m - 5 m	5 m - 6 m	6 m - 7 m	7 m - 8 m	8 m - 9 m	9 m - 10 m
0,0-0,2 0	1,0-1,2 6	2,0-2,2 6	3,0-3,2 10	4,0-4,2 14	5,0-5,2 13	6,0-6,2 12	7,0-7,2 20	8,0-8,2 16	9,0-9,2 90
0,2-0,4 4	1,2-1,4 6	2,2-2,4 7	3,2-3,4 20	4,2-4,4 14	5,2-5,4 10	6,2-6,4 17	7,2-7,4 18	8,2-8,4 27	9,2-9,4 100
0,4-0,6 6	1,4-1,6 6	2,4-2,6 11	3,4-3,6 18	4,4-4,6 14	5,4-5,6 12	6,4-6,6 18	7,4-7,6 19	8,4-8,6 18	9,4-9,6
0,6-0,8 6	1,6-1,8 7	2,6-2,8 11	3,6-3,8 10	4,6-4,8 16	5,6-5,8 11	6,6-6,8 18	7,6-7,8 16	8,6-8,8 19	9,6-9,8
0,8-1,0 6	1,8-2,0 7	2,8-3,0 10	3,8-4,0 9	4,8-5,0 25	5,8-6,0 9	6,8-7,0 17	7,8-8,0 25	8,8-9,0 60	9,8-10,0

GRÁFICO DE ENSAYO DPSH

VALORES N20



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS
VISADO
Con Seguro de Responsabilidad Civil
Núm: 010807792
Fecha 27/11/2008
Folio 07792
Nº colegiado 3816
Colegiado JOSE FELIX CASTRILLEJO GONZALEZ
El Secretario

8.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

DATOS DE LA OBRA:

Obra: Biblioteca
Promotor: Concello de Lugo
Situación: Calle Matemático Vázquez Queipo

DATOS MUESTRAS:

Referencia	Localización	Identificación	Profundidad
M-3170-08	S-1	Suelo	3,00 m
M-3171-08	S-2	Suelo	0,80 m
M-3172-08	S-2	Roca	10,70 m
M-3173-08	S-1	Agua	7,40 m

FECHAS ENSAYOS:

Inicio: 21/11/2008 **Finalización:** 24/11/2008 **Informe:** 24/11/2008

ENSAYOS SOLICITADOS:

Nº	Ensayo	Norma
2	Análisis Granulométrico	UNE 103.101
2	Determinación Límites de Atterberg	UNE 103.103-104
1	Determinación Densidad	UNE 103.301
2	Ensayo Agresividad del Suelo	EHE
1	Ensayo Agresividad del Agua	EHE
1	Rotura a Compresión Simple en Roca	UNE 22 950-90
2	Ensayo Corte Directo Suelos	UNE 103.401

El presente informe de ensayos de laboratorio consta de 9 páginas numeradas correlativamente
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización expresa del laboratorio

AUTOR DEL INFORME



Fdo.: José Félix Castrillejo González
Geólogo

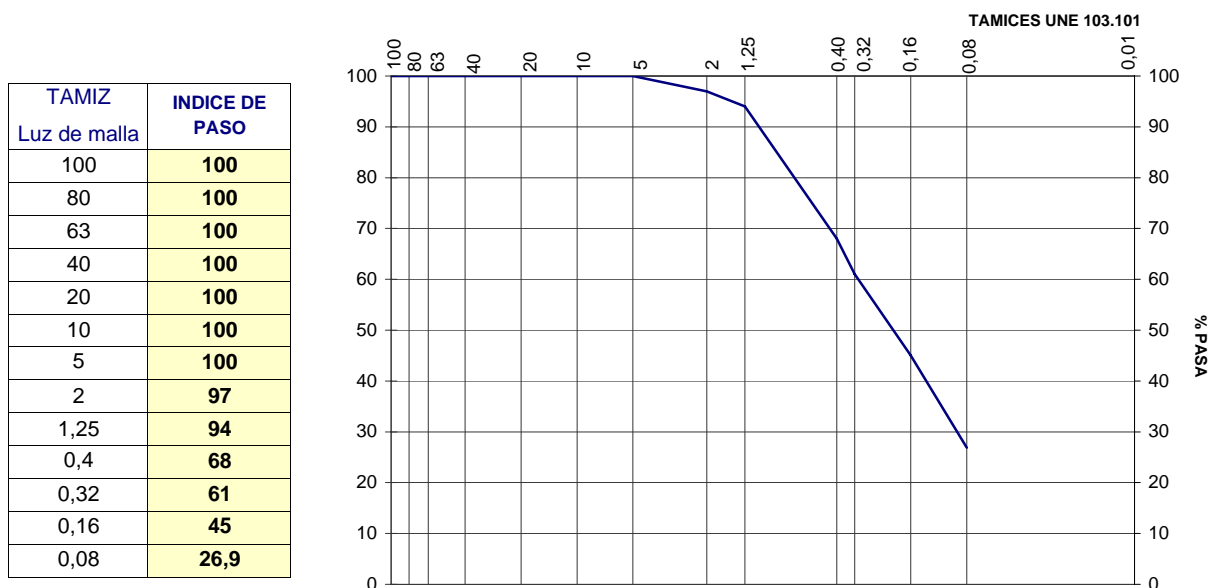
VºBº DIRECTOR TÉCNICO



Muestra: M-3170-08

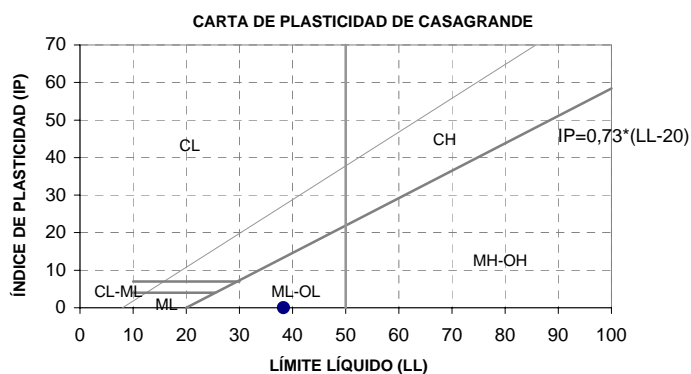
Ubicación: S-1
Profundidad: 3 m
Fecha muestreo: 19/11/2008

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN DE SUELOS



Límites de Atterberg: UNE 103.103-104

Límite líquido (%):	38,3
Límite plástico (%):	No tiene
Índice de plasticidad:	No plástico



CLASIFICACIÓN U.S.C.S: **SM**

ENSAYOS DE DETERMINACIÓN AGRESIVIDAD SUELO (EHE)

PARÁMETRO	RESULTADO	Unidades
Acidez Baumman-Gully	292	ml/kg
Sulfatos	37	mg/kg

GRADO DE AGRESIVIDAD EHE		
DEBIL	MEDIO	FUERTE
>20	-	-
2000-3000	3000-12000	>12000

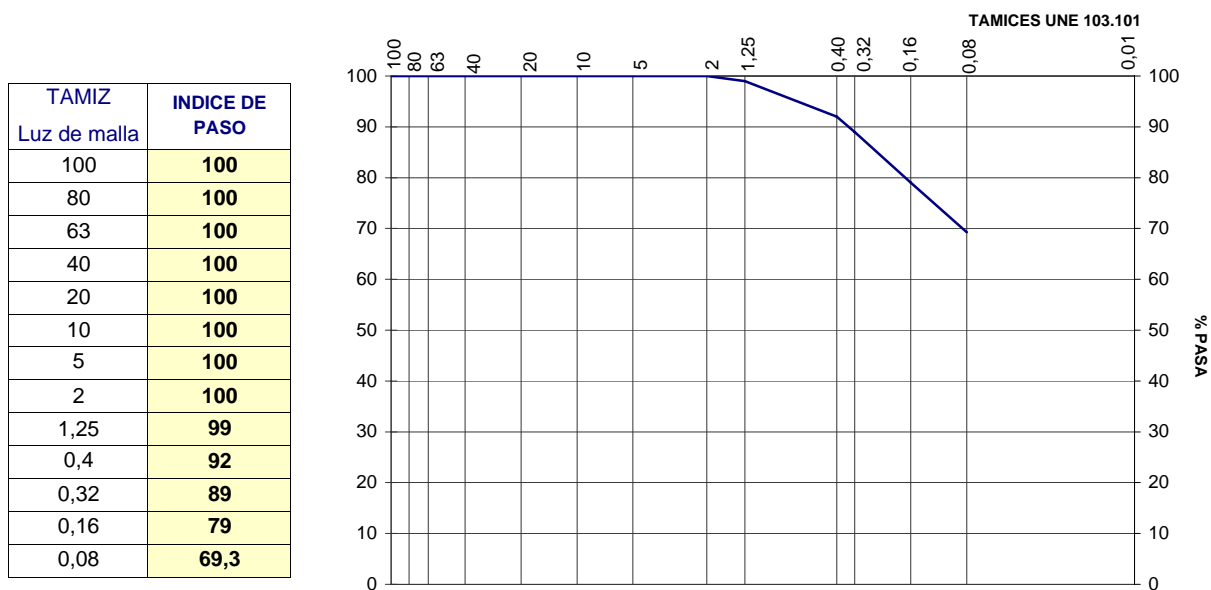
El suelo presenta para el hormigón: **Agresividad débil**



Muestra: M-3171-08

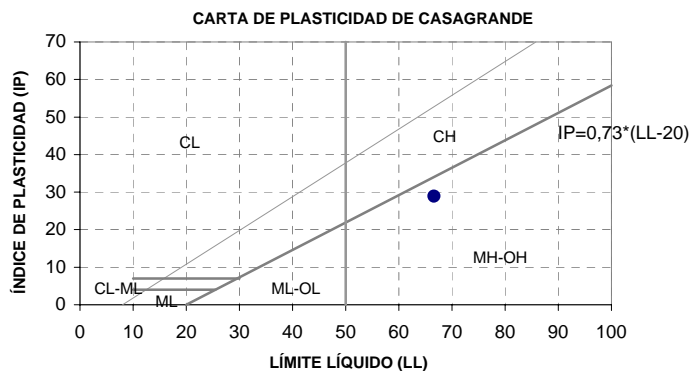
Ubicación: S-2
Profundidad: 0,8 m
Fecha muestreo: 20/11/2008

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN DE SUELOS



Límites de Atterberg: UNE 103.103-104

Límite líquido (%):	66,6
Límite plástico (%):	37,7
Índice de plasticidad:	28,9



CLASIFICACIÓN U.S.C.S: **MH**

ENSAYOS DE DETERMINACIÓN AGRESIVIDAD SUELO (EHE)

PARÁMETRO	RESULTADO	Unidades
Acidez Bauman-Gully	260	ml/kg
Sulfatos	53	mg/kg

GRADO DE AGRESIVIDAD EHE		
DEBIL	MEDIO	FUERTE
>20	-	-
2000-3000	3000-12000	>12000

El suelo presenta para el hormigón: **Agresividad débil**



Muestra: M-3172-08

Ubicación: S-2
Profundidad: 10,7 m
Fecha muestreo: 20/11/2008

ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE

UNE 22950/90

DIMENSIONES PROBETA					
Diámetro:	7,11 cm	Altura:	12,8 cm	Superficie:	39,7 cm ²

Carga de rotura	13,04	kN
Carga de rotura	1,33	T
Tensión de rotura	3.230,70	kPa

RESULTADOS					
Densidad aparente	2,623	T/m ³	Densidad aparente seca		T/m ³
			Humedad natural		%

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE: 32,94 kg/cm²

Módulo de Young:		kp/cm ²
Módulo de Poisson:		
Deformación máxima:	1,61	%
Deformación máxima:	2,061	mm

Fotografía de rotura

TENSIÓN - DEFORMACIÓN



OBSERVACIONES:



Muestra: M-3173-08

Ubicación: S-1

Profundidad: 7,4 m

Fecha muestreo: 20/11/2008

ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DEL AGUA

Profundidad Nivel Freático: 7,4 m
Tipo de agua: Freática y de infiltración
Propiedades del agua: Normal
Condiciones de contorno: Terreno urbano

Apariencia: --

Olor: --

ANÁLISIS DEL AGUA	
PARÁMETRO	RESULTADO
Valor del pH	5,9 mg/l
Magnesio (Mg2+)	7,3 mg/l
Amonio	0,0 mg/l
Sulfato	6,0 mg/l
CO2	13,2 mg/l
Residuo Seco	159,0 mg/l

GRADO DE AGRESIVIDAD EHE		
DÉBIL	MEDIO	FUERTE
6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
15 - 30	30 - 60	> 60
200 - 600	600 - 3000	> 3000
15 - 40	40 - 100	> 100
150-75	75-50	< 50

El agua presenta para el hormigón: **Agresividad Débil**



Muestra: M-3170-08

Ubicación: S-1
Profundidad: 3 m
Fecha muestreo: 19/11/2008

CORTE DIRECTO

Tipo de ensayo: CONSOLIDADO DRENADO

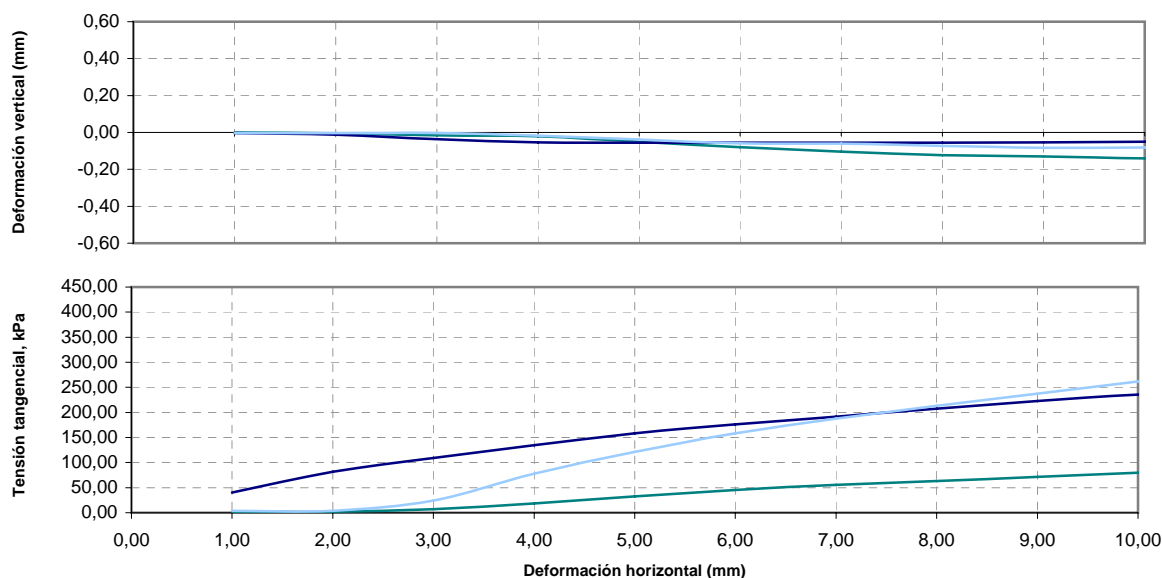
UNE 103.401

DATOS GENERALES	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3
Diámetro (cm)=	5,00	5,00	5,00
Altura (cm)=	19,00	19,00	19,00
Humedad inicial (%)=	16,43	14,46	15,71
Humedad final (%)=	17,69	16,87	16,22
Densidad seca (gr/cm ³)=	1,49	1,56	1,59
D. humeda inicial (gr/cm ³)=	1,73	1,78	1,84
D. humeda (gr/cm ³)=	1,75	1,82	1,84
Dens. de las particulas s.	2,52	2,52	2,52

Tiempo de consolidación= 24 horas

Velocidad de corte= 0,20 mm/min

DATOS ROTURA	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3
Consolidación (mm)=	0,60	0,83	1,09
Tensión normal=	100,00	200,00	300,00
Tensión tangencial=	188,46	334,02	380,92
Índice huecos inicial ei=	0,70	0,62	0,59
Índice huecos e=	0,09	0,36	0,55
Grado sat. inicial Si=	59,43	58,98	67,37

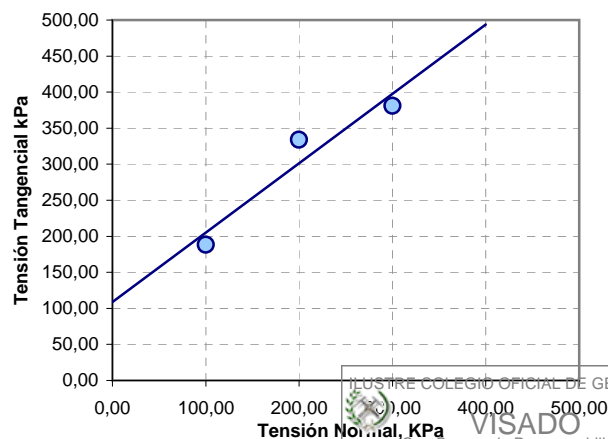


$$y = a + b \cdot x$$

a	108,7
b	0,962

x= Tensión normal
y= Tensión tangencial

No se aplica corrección por área en la Tensión Normal
Se aplica corrección por área en la Tensión Tangencial



Ángulo de rozamiento interno= 43,9 °

Cohesión= 109 Kpa



Muestra: M-3170-08

CORTE DIRECTO: Valores obtenidos

Tiempo (min)	PROBETA 1					PROBETA 2					PROBETA 3				
	Tensión Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)	T. Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)	T. Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)
	1,60	100,39	1955,3	0,15	0,00	40,07	200,61	1957,1	0,12	0,00	3,59	299,62	1965,5	-0,05	0,00
1	2,21	100,74	1948,6	0,29	-0,01	81,80	201,72	1946,3	0,33	-0,01	3,99	299,85	1963,9	-0,02	0,00
2	7,26	100,92	1945,0	0,36	-0,02	109,43	202,90	1934,9	0,56	-0,04	24,20	300,32	1960,9	0,04	0,00
3	18,41	101,27	1938,3	0,49	-0,02	134,88	204,00	1924,6	0,77	-0,05	78,15	301,71	1951,9	0,22	-0,02
4	32,56	101,88	1926,8	0,72	-0,05	158,01	205,19	1913,3	0,99	-0,06	121,35	303,25	1942,0	0,42	-0,04
5	45,47	102,54	1914,4	0,97	-0,08	176,42	206,60	1900,3	1,25	-0,06	158,16	304,93	1931,3	0,63	-0,06
6	55,43	103,15	1903,0	1,20	-0,10	191,79	207,82	1889,1	1,48	-0,06	187,77	306,52	1921,3	0,84	-0,06
7	63,20	103,73	1892,4	1,41	-0,12	207,47	208,98	1878,6	1,69	-0,06	213,01	308,20	1910,8	1,04	-0,07
8	71,28	104,34	1881,3	1,64	-0,13	222,62	210,28	1867,1	1,92	-0,05	237,39	310,02	1899,6	1,27	-0,08
9	79,93	105,03	1869,1	1,88	-0,14	235,33	211,70	1854,5	2,17	-0,05	261,90	311,92	1888,0	1,50	-0,08
10	87,24	105,76	1856,2	2,14	-0,14	240,96	213,32	1840,4	2,45	-0,04	284,49	313,93	1875,9	1,74	-0,08
11	95,90	106,46	1844,0	2,38	-0,14	241,36	214,61	1829,3	2,68	-0,04	304,90	315,81	1864,8	1,97	-0,08
12	103,75	107,09	1833,0	2,60	-0,14	239,37	215,91	1818,3	2,90	-0,04	322,46	317,77	1853,2	2,20	-0,08
13	110,39	107,73	1822,2	2,82	-0,14	239,29	217,41	1805,8	3,15	-0,04	339,12	319,72	1841,9	2,42	-0,06
14	117,23	108,48	1809,5	3,07	-0,14	244,42	219,09	1791,9	3,42	-0,04	355,86	321,96	1829,1	2,68	-0,03
15	123,15	109,31	1795,8	3,35	-0,11	249,17	220,58	1779,8	3,67	-0,04	370,06	324,07	1817,2	2,92	-0,01
16	130,97	110,01	1784,4	3,58	-0,08	255,58	222,13	1767,4	3,92	-0,04	377,67	326,36	1804,5	3,17	0,01
17	138,03	110,74	1772,6	3,81	-0,07	263,20	223,52	1756,5	4,14	-0,04	374,10	328,56	1792,4	3,42	0,02
18	145,18	111,47	1761,0	4,05	-0,04	271,91	224,99	1744,9	4,37	-0,04	366,03	330,56	1781,5	3,63	0,02
19	153,69	112,32	1747,7	4,31	-0,01	282,25	226,62	1732,4	4,62	-0,03	356,10	333,22	1767,3	3,92	0,02
20	161,78	113,12	1735,4	4,56	0,02	293,51	228,51	1718,1	4,91	-0,01	355,27	335,57	1754,9	4,17	0,02
21	169,25	113,89	1723,6	4,80	0,05	301,21	229,86	1708,0	5,11	0,00	361,22	337,79	1743,4	4,40	0,02
22	174,75	114,66	1712,0	5,03	0,08	307,88	231,42	1696,5	5,34	0,00	365,81	339,97	1732,2	4,62	0,03
23	180,01	115,38	1701,3	5,24	0,09	314,21	233,03	1684,7	5,58	0,02	371,81	342,57	1719,0	4,89	0,04
24	184,80	116,37	1686,8	5,54	0,13	321,98	234,97	1670,8	5,86	0,07	377,52	345,08	1706,5	5,14	0,04
25	188,46	117,20	1674,9	5,78	0,17	328,36	236,69	1658,7	6,10	0,09	380,92	347,56	1694,4	5,38	0,04
26	183,71	118,06	1662,8	6,02	0,22	332,83	238,37	1647,0	6,34	0,11	379,54	350,34	1680,9	5,65	0,04
27	180,64	118,83	1651,9	6,24	0,26	332,80	239,72	1637,7	6,52	0,13	372,94	352,71	1669,6	5,88	0,03
28	177,34	119,65	1640,7	6,47	0,27	332,98	241,59	1625,1	6,78	0,15	371,83	355,46	1656,7	6,14	0,03
29	176,89	120,65	1627,0	6,74	0,30	333,10	243,44	1612,7	7,03	0,16	373,23	358,17	1644,2	6,39	0,03
30	179,29	121,62	1614,0	7,00	0,35	334,02	245,36	1600,1	7,29	0,18	370,92	361,03	1631,2	6,66	0,05
31	176,20	122,51	1602,3	7,24	0,40	332,56	247,20	1588,2	7,53	0,19	369,58	363,73	1619,1	6,90	0,05
	175,64	123,32	1591,8	7,45	0,42	328,67	248,92	1577,2	7,75	0,19					
	171,25	124,25	1579,9	7,69	0,44	324,74	250,68	1566,1	7,97	0,21					
	166,94	125,30	1566,7	7,96	0,47	317,20	252,86	1552,6	8,25	0,23					
	166,33	126,36	1553,5	8,23	0,50	317,28	254,75	1541,1	8,48	0,24					
	166,28	127,28	1542,2	8,46	0,54	310,91	256,85	1528,5	8,74	0,26					
	170,07	128,22	1530,9	8,69	0,55	309,90	258,57	1518,3	8,94	0,26					
	168,31	129,23	1519,0	8,93	0,56	309,32	260,47	1507,3	9,17	0,27					
	173,12	130,33	1506,2	9,19	0,59	310,25	262,81	1493,9	9,44	0,29					
	174,40	131,49	1492,9	9,46	0,63	310,48	265,01	1481,4	9,69	0,30					
	172,33	132,52	1481,3	9,70	0,68										



Muestra: M-3171-08

Ubicación: S-2
Profundidad: 0,8 m
Fecha muestreo: 20/11/2008

CORTE DIRECTO

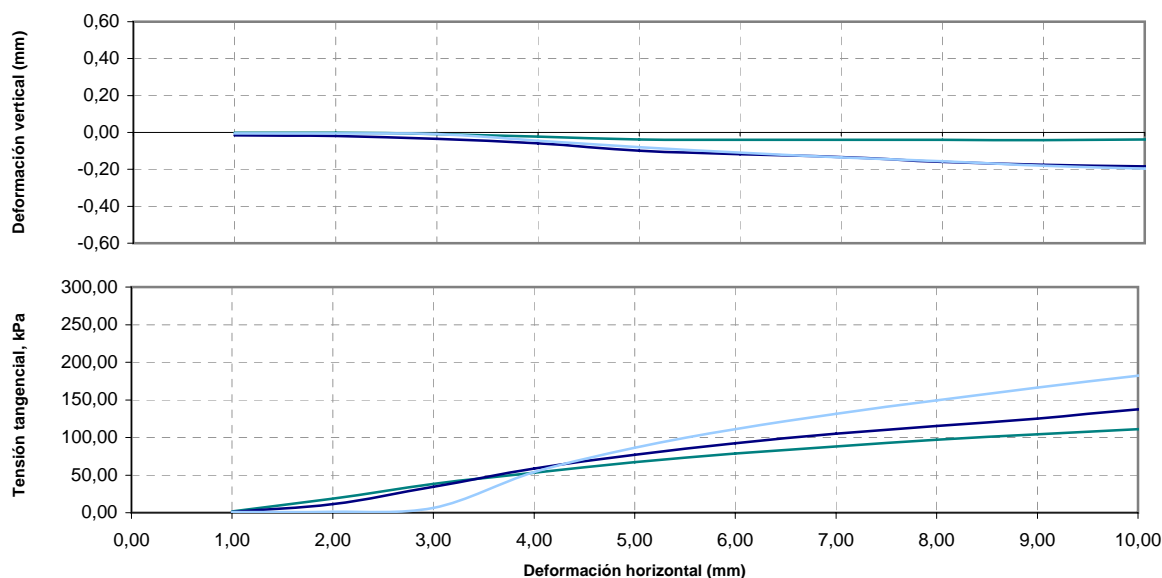
Tipo de ensayo: NO CONSOLIDADO NO DRENADO

UNE 103.401

DATOS GENERALES	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3
Diámetro (cm)=	5,00	5,00	5,00
Altura (cm)=	19,00	19,00	19,00
Humedad inicial (%)=	27,65	25,14	24,00
Humedad final (%)=	28,98	25,32	24,55
Densidad seca (gr/cm ³)=	1,42	1,46	1,47
D. humeda inicial (gr/cm ³)=	1,81	1,83	1,83
D. humeda (gr/cm ³)=	1,83	1,83	1,84
Dens. de las particulas s.	2,20	2,20	2,20

Tiempo de consolidación= 24 horas
Velocidad de corte= 0,50 mm/min

DATOS ROTURA	Pr. 1	Pr. 2	Pr. 3
Consolidación (mm)=	0,00	0,00	0,00
Tensión normal=	100,00	200,00	300,00
Tensión tangencial=	130,50	207,63	235,76
Índice huecos inicial ei=	0,55	0,51	0,49
Índice huecos e=	0,52	0,52	0,50
Grado sat. inicial Si=	109,80	109,39	107,34

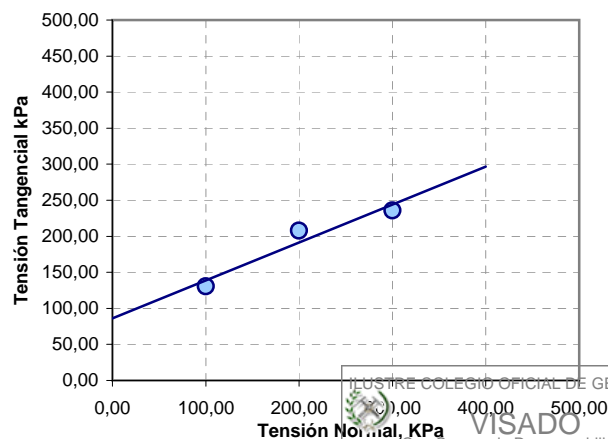


$$y = a + b \cdot x$$

a	86,03
b	0,526

x= Tensión normal
y= Tensión tangencial

No se aplica corrección por área en la Tensión Normal
Se aplica corrección por área en la Tensión Tangencial



Ángulo de rozamiento interno= 27,8 °

Cohesión= 86 Kpa



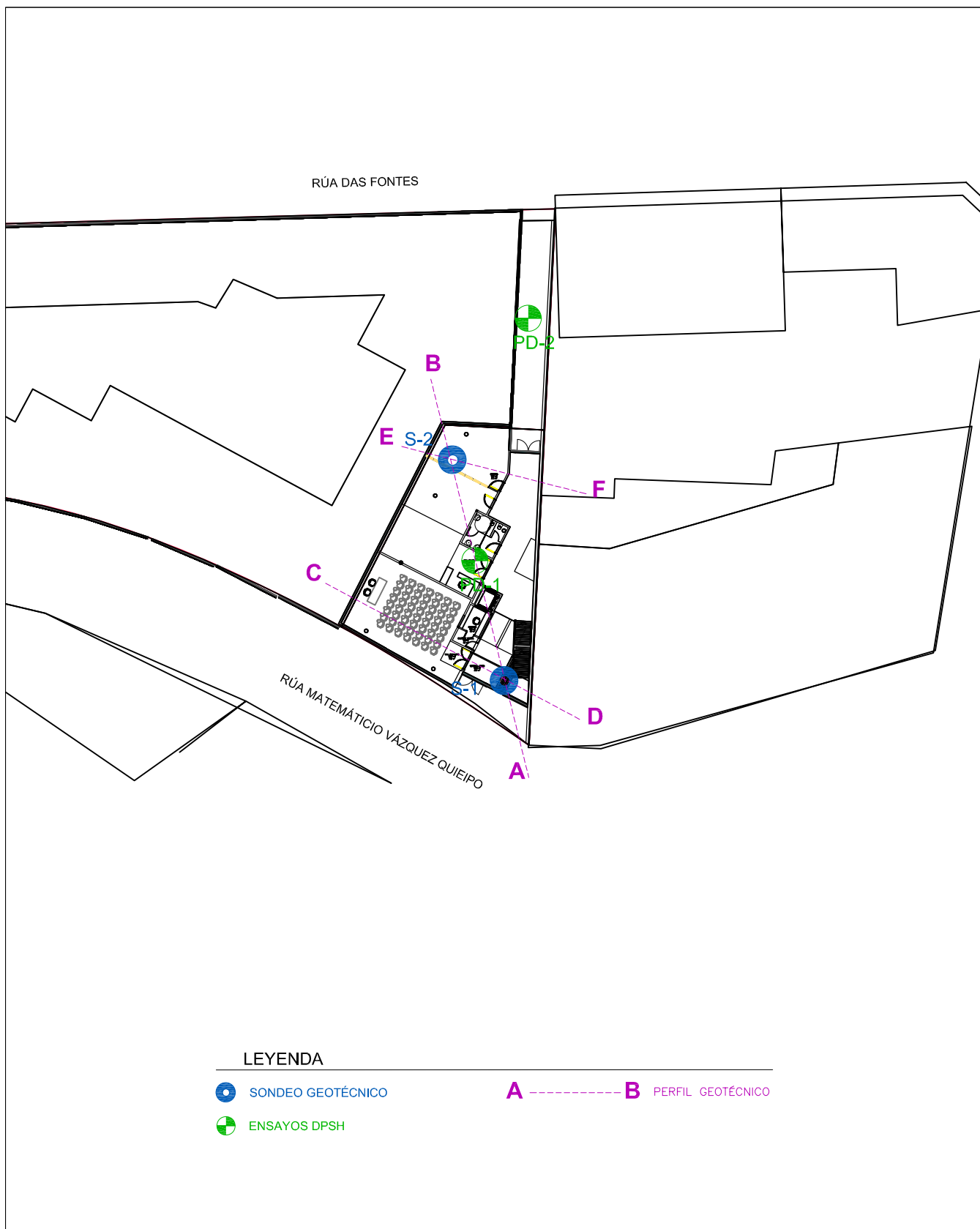
Muestra: M-3171-08

CORTE DIRECTO: Valores obtenidos

Tiempo (min)	PROBETA 1					PROBETA 2					PROBETA 3				
	Tensión Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)	T. Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)	T. Tangencial corregida (kPa)	Tensión Vertical corregida (kPa)	Area corregida (mm ²)	Deform. Horizontal Δl (mm)	Deform. Vertical (mm)
	1,60	100,39	1955,4	0,15	0,00	1,00	200,19	1961,1	0,04	-0,02	0,80	301,40	1953,9	0,18	-0,01
0,4	18,92	100,78	1947,8	0,30	0,00	11,62	200,55	1957,6	0,11	-0,02	1,41	301,81	1951,2	0,24	-0,01
0,8	38,25	101,31	1937,6	0,51	-0,01	34,60	201,39	1949,5	0,27	-0,04	6,44	302,05	1949,7	0,27	-0,01
1,2	53,33	101,90	1926,3	0,73	-0,02	58,85	202,48	1939,0	0,48	-0,06	53,89	303,16	1942,5	0,41	-0,05
1,6	67,03	102,62	1912,9	1,00	-0,04	77,10	203,68	1927,5	0,71	-0,10	86,48	304,88	1931,6	0,63	-0,08
2	78,78	103,24	1901,4	1,23	-0,04	92,50	204,91	1916,0	0,94	-0,12	111,12	306,78	1919,6	0,87	-0,11
2,4	88,12	103,80	1891,1	1,44	-0,04	104,99	206,11	1904,8	1,16	-0,13	131,64	308,45	1909,2	1,08	-0,14
2,8	97,01	104,44	1879,5	1,67	-0,04	115,48	207,21	1894,7	1,37	-0,16	149,55	310,22	1898,3	1,29	-0,16
3,2	104,11	105,08	1868,1	1,90	-0,04	125,13	208,47	1883,3	1,60	-0,18	166,37	311,94	1887,9	1,50	-0,18
3,6	111,18	105,82	1855,1	2,16	-0,04	137,62	209,73	1871,9	1,82	-0,18	182,30	313,99	1875,5	1,75	-0,20
4	118,12	106,54	1842,4	2,41	-0,04	144,53	211,25	1858,5	2,09	-0,19	194,97	315,88	1864,3	1,97	-0,20
4,4	122,28	107,20	1831,1	2,64	-0,04	150,05	212,51	1847,5	2,31	-0,20	204,55	318,02	1851,8	2,23	-0,21
4,8	124,72	107,84	1820,3	2,86	-0,04	155,02	213,79	1836,4	2,53	-0,21	212,10	319,83	1841,3	2,43	-0,21
5,2	126,46	108,59	1807,7	3,11	-0,04	158,14	215,13	1824,9	2,76	-0,21	219,34	321,69	1830,6	2,65	-0,21
5,6	128,50	109,41	1794,2	3,38	-0,03	163,63	216,71	1811,6	3,03	-0,22	226,15	324,08	1817,1	2,92	-0,21
6	129,26	110,24	1780,6	3,65	-0,03	166,37	218,32	1798,3	3,30	-0,22	230,70	326,56	1803,4	3,20	-0,21
6,4	129,21	110,95	1769,2	3,88	0,00	166,88	219,56	1788,1	3,50	-0,23	233,44	328,58	1792,3	3,42	-0,21
6,8	129,53	111,61	1758,9	4,09	0,00	169,59	221,10	1775,7	3,75	-0,23	234,50	330,69	1780,8	3,65	-0,21
7,2	129,52	112,38	1746,8	4,33	0,00	171,85	222,60	1763,7	3,99	-0,23	234,52	332,90	1769,0	3,88	-0,21
7,6	129,15	113,23	1733,6	4,59	0,00	174,17	224,15	1751,5	4,24	-0,23	235,31	335,30	1756,3	4,14	-0,21
8	129,51	114,15	1719,7	4,87	0,00	175,36	225,68	1739,7	4,47	-0,23	235,19	337,68	1743,9	4,39	-0,21
8,4	129,58	114,81	1709,7	5,07	0,01	177,13	227,37	1726,7	4,73	-0,24	234,86	340,14	1731,3	4,64	-0,21
8,8	129,78	115,61	1698,0	5,31	0,01	178,95	228,82	1715,8	4,95	-0,24	234,54	342,31	1720,4	4,86	-0,21
9,2	129,62	116,50	1685,0	5,57	0,01	179,91	230,35	1704,4	5,18	-0,24	234,05	344,62	1708,8	5,09	-0,21
9,6	129,63	117,35	1672,7	5,82	0,01	181,58	232,19	1690,9	5,45	-0,24	234,51	347,33	1695,5	5,36	-0,21
10	128,08	118,31	1659,3	6,09	0,01	183,05	234,07	1677,3	5,73	-0,25	234,66	349,98	1682,7	5,62	-0,21
10,4	128,24	119,11	1648,1	6,32	0,02	183,36	235,66	1665,9	5,96	-0,25	234,34	352,29	1671,6	5,84	-0,21
10,8	129,48	119,81	1638,4	6,51	0,02	184,07	237,19	1655,2	6,17	-0,25	234,54	354,73	1660,1	6,07	-0,21
11,2	130,32	120,82	1624,7	6,79	0,02	185,81	239,13	1641,8	6,44	-0,25	234,65	357,41	1647,7	6,32	-0,21
11,6	129,45	121,82	1611,4	7,06	0,02	186,99	240,96	1629,3	6,69	-0,25	234,93	360,40	1634,0	6,60	-0,21
12	129,48	122,77	1598,9	7,31	0,02	189,14	242,78	1617,1	6,94	-0,25	234,48	363,04	1622,1	6,84	-0,21
12,4	130,50	123,73	1586,5	7,56	0,04	190,56	244,61	1605,0	7,19	-0,25	234,72	365,68	1610,4	7,08	-0,21
12,8	130,36	124,55	1576,1	7,77	0,04	190,89	246,30	1594,0	7,41	-0,25	234,88	368,22	1599,3	7,30	-0,21
13,2						191,29	248,10	1582,4	7,64	-0,25	234,84	370,87	1587,9	7,53	-0,21
13,6						193,48	250,28	1568,6	7,92	-0,24	235,76	373,90	1575,0	7,79	-0,21
						194,87	252,08	1557,4	8,15	-0,24					
						195,09	254,00	1545,7	8,39	-0,24					
						194,90	255,76	1535,0	8,60	-0,25					
						195,63	257,73	1523,3	8,84	-0,25					
						196,70	260,17	1509,0	9,13	-0,24					
						198,63	262,37	1496,4	9,39	-0,24					
						201,61	264,20	1486,0	9,60	-0,25					
						201,57	266,26	1474,5	9,83	-0,25					
						200,96	268,27	1463,4	10,06	-0,24					
						202,86	270,81	1449,7	10,34	-0,24					



8.4 PLANO DE SITUACIÓN Y CORTES GEOTÉCNICOS



LEYENDA



SONDEO GEOTÉCNICO



ENSAYOS DPSH

A

B

PERFIL GEOTÉCNICO

INVECO S.L.
INVESTIGACIÓN Y CONTROL LUGO S.L.

PROYECTO:
ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROMOTOR:
CONCELLO DE LUGO

SITUACIÓN:
Rúa Matemático Vázquez Queipo (Lugo)

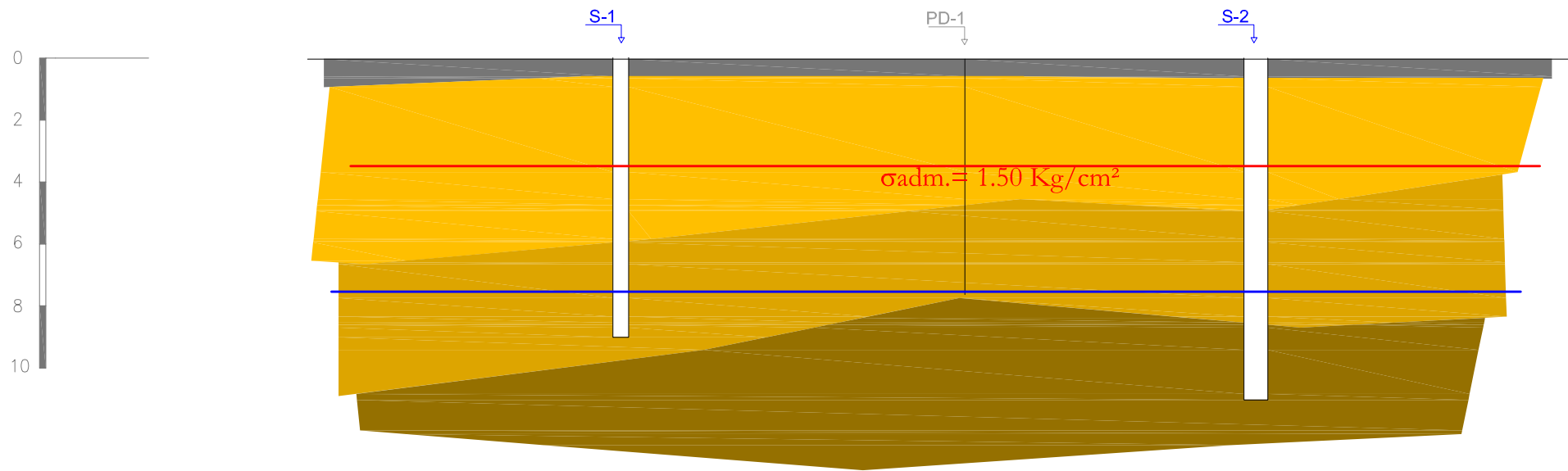
TÍTULO:
PLANO DE SITUACIÓN DE ENSAYOS

AUTOR:

FIRMA:

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS		21-11-2008	
Con Seguro de Responsabilidad Civil		Nº de Colegiado: 3816	
Núm: 656/2008	Fecha: 15-02-2008	Folio: 1 DE 3	Secretario: [Firma]
Colegiado: JOSE FELIX CASTRILLEJO GONZALEZ			

PERFIL A-B



LEYENDA

- TIERRA VEGETAL
- SUELO RESIDUAL CON NIVELES DE ROCA ALTERADA EN GRADO V DE LA ESCALA ISRM
- ROCA ESQUISTOSA ALTERADA EN GRADO IV DE LA ESCALA ISRM
- ROCA ESQUISTOSA ALTERADA EN GRADO II -III DE LA ESCALA ISRM
- NIVEL DE CIMENTACIÓN
- NIVEL FREÁTICO

Nota:
Las características del terreno se conocen en los puntos de ensayo. El perfil es una Interpretación, extrapolarlo los datos obtenidos en base a criterios geológicos y geotécnicos.

INVECO S.L. INVESTIGACIÓN Y CONTROL LUGO S.L.	PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO	PROMOTOR: CONCELLO DE LUGO			AUTOR:	FIRMA:	ESCALA: Con Seguridad 1:200 Nº colegiado 3816	FECHA: 27/11/2008 Nº de plano: 2 DE 3	Firma:
	TÍTULO: PERFIL GEOTÉCNICO	SITUACIÓN: CALLE MATEMÁTICO VÁZQUEZ QUEIPO (LUGO)							

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

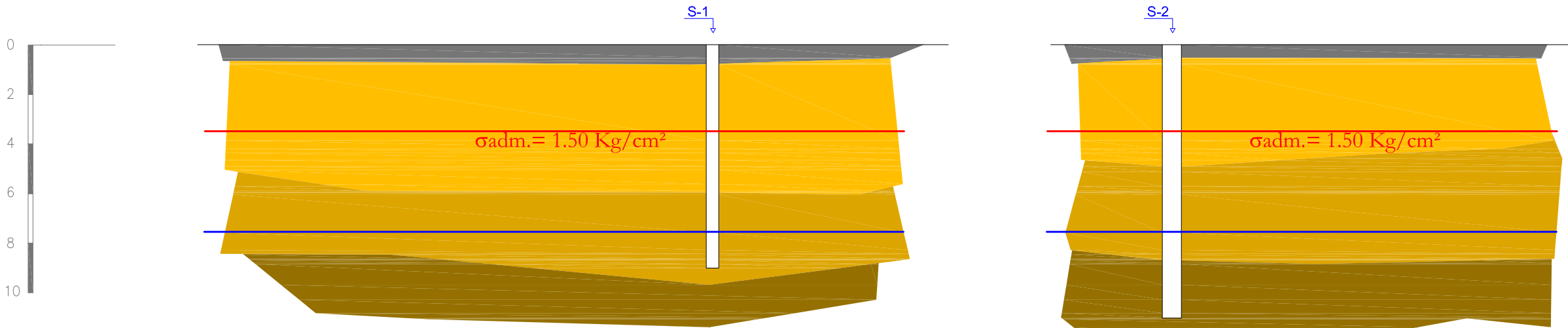
VISADO

El Secretario

JOSE FELIX CASTILLEJO GONZALEZ

PERFIL C-D

PERFIL E-F



LEYENDA

- TIERRA VEGETAL
- SUELO RESIDUAL CON NIVELES DE ROCA ALTERADA EN GRADO V DE LA ESCALA ISRM
- ROCA ESQUISTOSA ALTERADA EN GRADO IV DE LA ESCALA ISRM
- ROCA ESQUISTOSA ALTERADA EN GRADO II –III DE LA ESCALA ISRM

- NIVEL DE CIMENTACIÓN
- NIVEL FREÁTICO

Nota:
Las características del terreno se conocen en los puntos de ensayo. El perfil es una interpretación, extrapolando los datos obtenidos en base a criterios geológicos y geotécnicos.

INVECO S.L. INVESTIGACIÓN Y CONTROL LUGO S.L.	PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO	PROMOTOR: CONCELLO DE LUGO			AUTOR:	FIRMA:	ESCALA: Con Seguridad 1:200 Nº 010807792 Fecha 27/11/2008 Nº colegiado 3816	Firma Responsabilidad Civil 24-11-2008 Nº 3 DE 3 El Secretario
	TÍTULO: PERFIL GEOTÉCNICO	SITUACIÓN: CALLE MATEMÁTICO VÁZQUEZ QUEIPO (LUGO)						

ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

VISADO

JOSE FELIX CASTRILLEJO GONZALEZ

8.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO





Fotografía 1: Vista general de la parcela donde se ubicará la futura edificación desde la acera de la calle Matemático Vázquez Queipo.



Fotografía 2: Vista de la parcela desde otro ángulo.

SONDEO S-1

COTA DE INICIO: 0.00 m

REFERENCIA: Acera calle Matemático Vázquez Queipo

PROFUNDIDAD ALCANZADA: 9.00 m

CAJA 1: 0.00-3.90 m



CAJA 2: 3.90 – 8.00 m



CAJA 3: 8.00-9.00 m



SONDEO S-2

COTA DE INICIO: 0.00 m

REFERENCIA: Acera calle Matemático Vázquez Queipo
PROFUNDIDAD ALCANZADA: 11.00 m

CAJA 1: 0.00-3.80 m



CAJA 2: 3.80 – 7.50 m



CAJA 3: 7.50-11.00 m

